

## Das Entkommen aus der Bevölkerungsfalle durch kontinuierliche Wirtschaftsprozesse: Sensitivität des Komlos-Artzrouni-Modells

Schmidtke, Susann

Veröffentlichungsversion / Published Version  
Zeitschriftenartikel / journal article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:  
GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Schmidtke, S. (1997). Das Entkommen aus der Bevölkerungsfalle durch kontinuierliche Wirtschaftsprozesse: Sensitivität des Komlos-Artzrouni-Modells. *Historical Social Research*, 22(2), 162-194. <https://doi.org/10.12759/hsr.22.1997.2.162-194>

### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY Lizenz (Namensnennung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

### Terms of use:

This document is made available under a CC BY Licence (Attribution). For more Information see:  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

## Das Entkommen aus der Bevölkerungsfalle durch kontinuierliche Wirtschaftsprozesse: Sensitivität des Komlos-Artzrouni-Modells

***Susann Schmidtke\****

**Abstract:** Most growth models are designed to explain industrial growth. In this paper I construct a model of pre-industrial growth which shows the connection between economic development and population growth as a long-run dynamic process cumulating in an „Industrial Revolution“. I investigate the importance of various determinants of growth with a non-linear, stochastic simulation model of a two-sector economy in which the process of population growth, capital accumulation, and subsistence crises are considered. Originally developed by John Komlos and Marc Artzrouni, the model is based on an neoclassical Cobb-Douglas production funktion. Capital accumulation happens in only one sector and population grows at a constant rate. If the per-capita output of food is below the subsistence level, stochastically determinated demographic crises occur. Capital is defined very broadly, including physical and human capital, knowledge, and technical and institutional changes. Although the model shows that an industrial revolution can be interpreted and simulated as a dynamic accumulation of capital, there are a number of ways to bring it nearer to historical reality. Random external shocks can be built into the model, the savings rate can be made variable (rather than constant), and the possibility of depreciation or destruction of capital can be considered. The paper focuses on issue widening the definition and scope of determinants of economic growth, and exploring the models sensitivity to these changes. What are consequences for the simulation and its results?

\* Address all communications to Susann Schmidtke, Seminar für Wirtschaftsgeschichte, Universität München, Ludwigstr. 33/IV, D-80539 München, Tel.: 089 / 21804243, Fax: 089 / 339233, e-mail: schmidtke@uni-munehen.d400.de

Fast alle Wachstumsmodelle wurden bisher als Modelle des industriellen Wachstums konzipiert. Zudem vernachlässigen viele von ihnen weitgehend demographische Aspekte. Die entwicklungstheoretischen Modelle gehen hingegen i.d.R. davon aus, daß industrielles Wirtschaftswachstum durch eine Diskontinuität angeregt werden muß;<sup>1</sup> und die ökonomisch-demographischen Theorien die wirtschaftlichen Determinanten oft nur unzureichend berücksichtigen. Seit Anfang der 80er Jahre haben verschiedene Wissenschaftler den Zusammenhängen zwischen Wirtschaft und Bevölkerung wieder zunehmend Aufmerksamkeit gewidmet. Von besonderer Bedeutung sind die Arbeiten von Julian Simon<sup>2</sup> und Ester Boserup<sup>3</sup> zur innovationssteigernden Wirkung einer zunehmenden Bevölkerungsdichte. Auch im deutschen Sprachraum intensivierte sich Forschungsarbeit und Diskussion zu diesem Schwerpunkt. Gunter Steinmann befaßte sich bspw. mit der Modellierung der Zusammenhänge zwischen Bevölkerungswachstum und technischem Fortschritt, wobei er insbesondere deren Einfluß auf die Entwicklung der Pro-Kopf-Einkommen betrachtet.<sup>4</sup> Gustav Feichtinger implementiert in seine Arbeit Teile der New Growth-Theorie, bei besonderer Beachtung der Wirkungen vorhandener Ressourcen und des Humankapitals.<sup>5</sup>

Diese Arbeit befaßt sich mit der Sensitivität eines nicht-linearen stochastischen Wachstumsmodells von Mark Artzrouni und John Komlos, welches die Möglichkeit bietet, vorindustrielles Wachstum als einen kontinuierlichen Prozeß, der in einer »Industriellen Revolution« mündet darzustellen. Das Modell ist eines der ersten, das ökonomische und demographische Prozesse zu einem System verbindet und somit berücksichtigt, daß in der traditionellen Gesellschaft eine Selbstregulation der Bevölkerungszahl durch Anpassung an den Nahrungsraum und dessen Veränderung stattfand. Soll dieses Modell als In-

<sup>1</sup> Vgl. z.B. Nelson, Richard R.: A Theory of Low-Level Equilibrium Trap in Underdeveloped Economies, in: American Economic Review, Vol. 46, 1956, S. 894—908; Leibenstein, Harvey: Economic Backwardness and Economic Growth, New York 1957.

<sup>2</sup> z.B.: Simon, J.: The Ultimate Recourse, Princeton 1981.

<sup>3</sup> Insbesondere: Boserup, E.: Population and Technological Change, Chicago 1981.

<sup>4</sup> Vgl. z.B.: Steinmann, G. und Simon, J.: Population Growth and Pleys' Technical Progress Model: Interpretation and Generalization, in: Simon, J. and Lindert, P. (eds.): Research in Population Economics, Vol.III, Greenwich 1981, S.239-254; Steinmann, G.: A Model of the History of Demographic-Economic Growth, in: Studies in Contemporary Economics, Vol.8, 1984, S. 29-49; Steinmann, G. Komlos, J.: Population Growth and Economic Development in the Very Long Run: A Simulation Model of Three Revolutions, in: Mathematical Social Sciences, Vol. 16, 1988, S. 49-63.

<sup>5</sup> siehe z.B.: Feichtinger, G.; Novak, A.J.: How Stock Dependent Flow rates may imply Chaos in Educational Planning, in: Mathematical Population Studies, Vol. 5, 1994, S. 75-85; Feichtinger, G.; Prskawetz, A. und Wirl, F.: Endogenous Population Growth and the Exploitation of Renewable Resources, in: Mathematical Population Studies, Vol. 5, 1994, S. 87-106; Feichtinger, G.; Prskawetz, A. u.a.: Endogenous Growth of Population and Income depending on Recourse and Knowledge.

strument benutzt werden, um die Determinanten vorindustriellen Wachstums besser zu verstehen, so muß zunächst seine Sensitivität in bezug auf den Ausbruch aus diesem System näher betrachtet werden. Zunächst werden Inhalt, Aufbau und Ablauf des Basismodells kurz erläutert.<sup>6</sup> Daran schließt sich eine Untersuchung der Ergebnisse von 5000 Simulationen des Basismodells an. Die absoluten Werte der Variablen des Modells können sehr unterschiedlich ausfallen, sind jedoch für die Analyse unwesentlich. Entscheidend ist vielmehr, ob die Variablen in bestimmten Relationen auftreten müssen, um das gewünschte Ergebnis, die Industrielle Revolution, zu erreichen.<sup>7</sup>

## 1. Der Modellaufbau

Das Basismodell ist ein neoklassisches Wachstumsmodell (vgl. auch Abb. 1). Die Volkswirtschaft besteht aus zwei Sektoren, einem Sektor der Nahrungsmittel  $Q_N(t)$  produziert und einem »Anderen-Sektor«, in dem alle anderen Güter  $Q_A(t)$  hergestellt werden.<sup>8</sup> Der aggregierte Kapitalstock  $K(t)$  geht in jeder Periode vollständig in beide Sektoren ein und umfaßt nicht nur Sachkapital, sondern auch Boden, Humankapital, Technologie und allgemeines Wissen, sowie institutionelle Gegebenheiten und deren Wandel. Ein wesentliches Merkmal des Modells ist, daß die Kapitalakkumulation ausschließlich im »Anderen-Sektor« stattfindet, und daß einmal geschaffenes Kapital nicht diskontiert wird. Liegt die Pro-Kopf-Produktion an Nahrungsmitteln  $S(t)$  unterhalb des biologisch determinierten Existenzminimums  $S^*$ , tritt eine Subsistenzkrise ein.

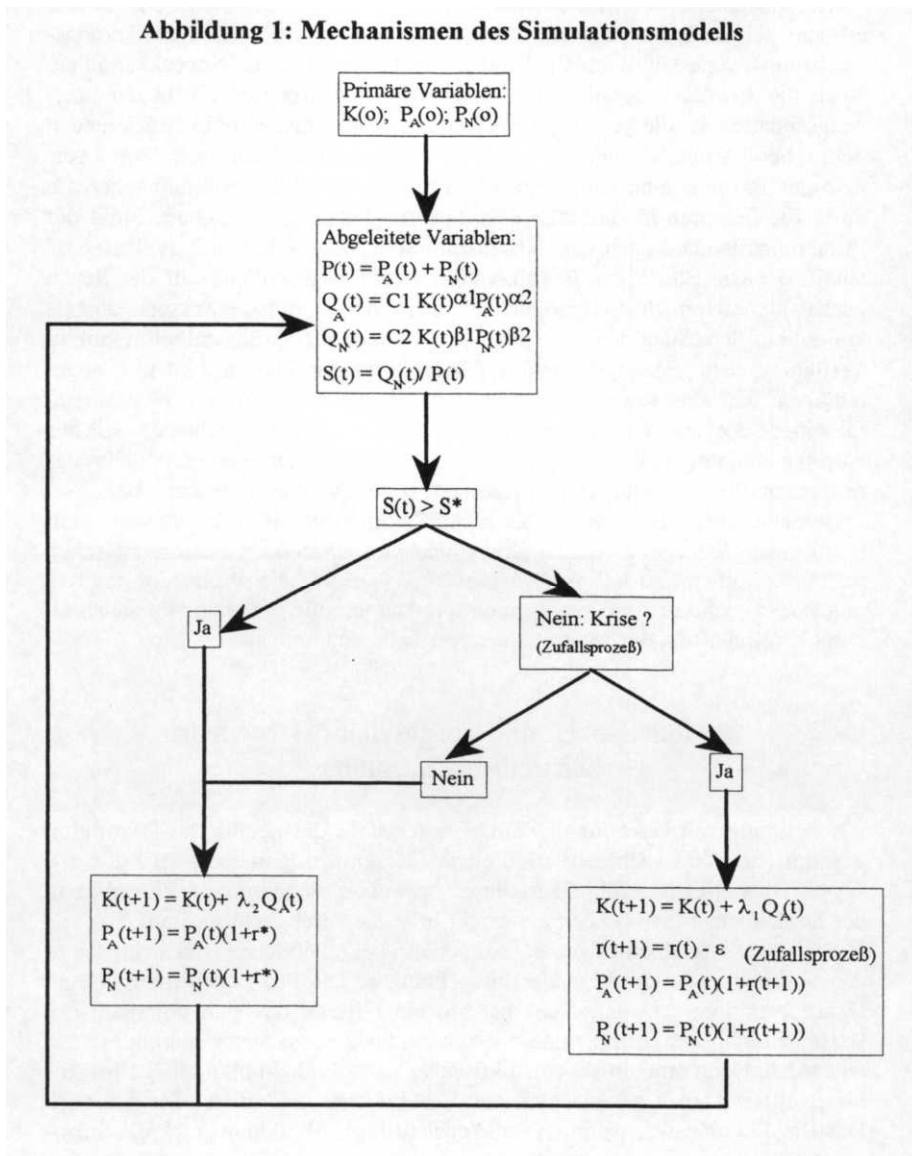
Ein weiteres wichtiges Merkmal des Modells besteht in der Annahme eines endogenen Bevölkerungswachstums, das auf Basis der Hypothesen von Malthus und Boserup konstruiert wurde. Die Wachstumsrate der Bevölkerung wird, solange keine Krise vorliegt, als konstant mit  $r^*$  (pro Zeitraum  $t$ ) angenommen. Sinkt der Pro-Kopf-Ernährungsstandard  $S(t)$  unter das biologische Minimum

<sup>6</sup> Die Beschreibung des Grundmodells basiert auf verschiedenen Veröffentlichungen von Komlos/Artzrouni, vor allem: *Mathematical Investigation of the Escape from the Malthusian Trap*, in: *Mathematical Population Studies*, 1990, Vol. 2(4), S. 269-287; *Population growth through history and the escape from the Malthusian trap: a homeostatic simulation model*, in: *Genus*, 1985, Vol. 41, S. 21-39; *A Simulation of the »Austrian« model of the Industrial Revolution*, in: Komlos, J.: *Nutrition and Economic Development in the Eighteenth-Century Habsburg Monarchy*, Appendix C, 1989, S. 277-290; *Ein Simulationsmodell der Industriellen Revolution*, in: VSWG, Bd. 81, H.3, 1994, S.324-338, übernommen.

<sup>7</sup> Untersucht wurden in diesem Zusammenhang zum einen die Mittelwerte der Relationen und ihre Standardabweichungen (STD), zum anderen, um die Empfindlichkeit der Ergebnisse gegenüber Ausreißern festzustellen, ihre Mediane und die mittlere absolute Abweichung (MAD). Im folgenden wird jedoch, um den Rahmen dieses Artikels nicht zu sprengen, schwerpunktmäßig auf die Mittelwerte eingegangen werden.

<sup>8</sup> Vgl. zum folgenden Abbildung 1.

**Abbildung 1: Mechanismen des Simulationsmodells**



$S^*$  so sinkt auch die Wachstumsrate der Bevölkerung. In diesem Fall wird  $r(t)$  bei in der Simulation über einen Zufallsprozeß bestimmt und kann negative Werte annehmen. Wenn die Bevölkerung absolut abnimmt, steigt  $S(t)$  an und erreicht schließlich erneut einen höheren Wert als  $S^*$ .<sup>9</sup> Das Bevölkerungswachstum reagiert also sensibel auf die zufällig erzeugten Schockvariablen. Auch die Bevölkerungsallokation hängt vom Zufallsprozeß ab. In der Ausgangssituation ist die gesamte Bevölkerung im nahrungsmittelproduzierenden Sektor beschäftigt. Solange die Pro-Kopf-Produktion an Nahrungsmitteln oberhalb des Existenzminimums liegt, befindet sich die Volkswirtschaft innerhalb eines Ein-Sektoren-Modells: Es existiert eine Subsistenzwirtschaft. Sinkt der Ernährungsstandard unter das Existenzminimum, so wandert ein Bevölkerungsanteil, der der Hälfte des Bevölkerungszuwachses entspricht, auf der Suche nach alternativen Erwerbsmöglichkeiten in den »Anderen-Sektor« ab. Es kommt zur Schaffung neuen Kapitals, das auch dem Nahrungsmittel-Sektor zu Verfügung steht. Bezugnehmend auf Ester Boserups Thesen wird also angenommen, daß eine steigende Bevölkerungsdichte Innovationsprozesse anregt, die einer Subsistenzkrise entgegenwirken. Selbst wenn eine Krise ein solches Ausmaß annimmt, daß der »Andere-Sektor« wieder zusammenbricht, bleibt das neu geschaffene Kapital für den Nahrungsmittelsektor weiterhin nutzbar.

Betrachtet man das Modell über einen Zeitraum von  $n$  Perioden, so kommt es zu einem Wechsel zwischen Krisen und prosperierenden Phasen, zwischen malthusianischen und boserupianischen Episoden, bis das Wachstum des Kapitalstocks, sich seinem Gleichgewichtspunkt kontinuierlich monoton annähert. Die Gesellschaft ist der Malthusianischen Falle entkommen.

## 2. Modellablauf und Sensitivität des Modells: Zeitreihenbetrachtung

Als Ausgangszeitpunkt für die Simulation wurde die neolithische Revolution gewählt (ca. 7000 v.Chr.; da die Zeit in Jahrzehnten gemessen wird gilt:  $t = -700$ ). Dies erleichtert die Beurteilung, inwieweit die simulierte Entwicklung der tatsächlichen historischen entspricht bzw. sie vereinfacht darstellt.<sup>10</sup>

Die Modellvariablen zeigen im Zeitverlauf, bei erheblichen Unterschieden in den absoluten Werten, folgende Entwicklungen: Die Pro-Kopf-Produktion an Nahrungsmitteln schwankt zunächst um ein Niveau, das sich unterhalb des Existenzminimums befindet und überschreitet das Subsistenzminimum nur gelegentlich. Dann erreicht sie einen »Escapepunkt« [vgl. Abbildung A. 1 im Anhang; alle mit »A.« gekennzeichneten Abbildungen finden sich im Anhang]. Das Bevölkerungswachstum ist nun konstant [vgl. Abbildung A.2], die Subsistenz-

<sup>9</sup>Vgl.: Komlos/Artzrouni, 1989, S. 283.

<sup>10</sup> Die Werte für die Variablen und die Konstanten wurden aus der deutschen Fassung, Komlos/Artzrouni, 1994, S. 329/330, übernommen.

**Stenzkrisen** sind endgültig überwunden und die Pro-Kopf-Produktion an Nahrungsmitteln steigt stetig an.

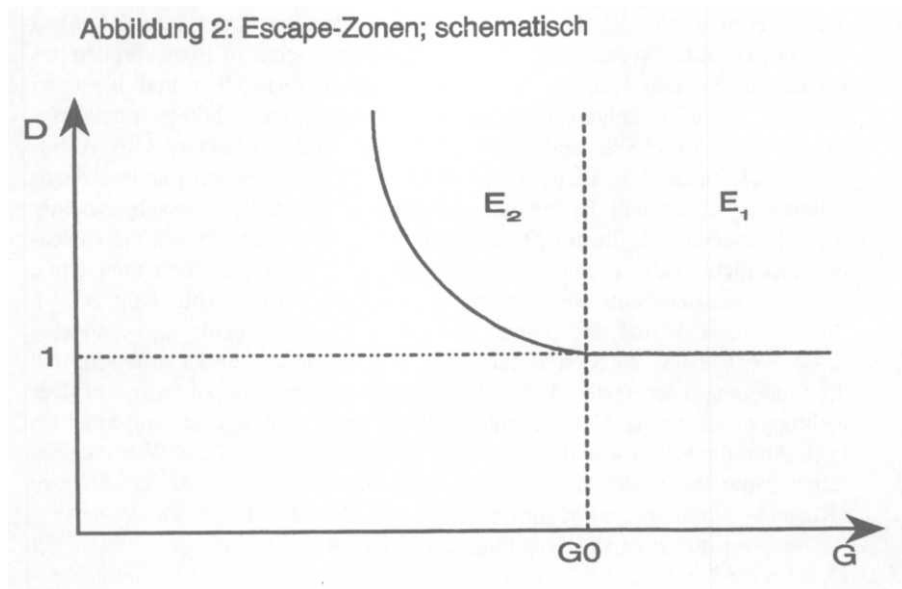
Die Entwicklung der Beschäftigtenzahlen in den Sektoren, der Gesamtbevölkerung, der Outputs und des Kapitalstocks verläuft lange Zeit auf einem derart geringen Niveau, daß zunächst keine Änderungen oder Schwankungen feststellbar sind. Erst Jahrzehnte oder Jahrhunderte nach dem Überschreiten des Escapepunktes reagieren die Variablen graphisch feststellbar und beginnen ebenfalls stetig zu steigen. Der Anteil der Arbeiter im Nahrungsmittelsektor steigt sehr viel schneller und höher als der im »Anderen-Sektor« [vgl. Abbildung A.3]. Da in dem verwendeten Modell Migration jedoch nur in Krisenzeiten möglich ist, und die Bevölkerung außerhalb einer Krise gleichgewichtig wächst, können sich die Bevölkerungsanteile in den Sektoren seit dem Escapepunkt nicht mehr verändert haben. Dies wird bestätigt, wenn man einen graphischen Ausschnitt der Simulationen betrachtet [vgl. Abbildung A.3.a]. Der Kapitalstock und der Output »Anderer-Güter«, die beide im »Anderen-Sektor« entstehen, wachsen simultan an. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Sparquote einen festen Anteil des »Anderen-Güter«-Output ausmacht. Der Nahrungsmitteloutput bleibt demgegenüber zurück und wächst langsamer an [vgl. Abbildungen A.4 und A.5]. Diese Entwicklung ist auf die Wahl der Effizienzparameter zurückzuführen. Da unterstellt wird, daß der »Andere-Sektor« effizienter produziert, ist es ihm möglich, den Output schneller zu steigern.

Die Wachstumsrate des Kapitalstocks sinkt im Zeitverlauf des öfteren auf Null [vgl. Abbildung A.6]. Der kapitalproduzierende Sektor ist in diesen Zeitintervallen, auf Grund eines negativen Bevölkerungswachstums während einer Krise, wieder vollkommen zusammengebrochen [vgl. Abbildung A.5.a]. Dieser Umstand erklärt auch das treppenförmige Anwachsen des Kapitalstocks [vgl. Abbildung A.4.a]. Doch schon vor Erreichen des Escapepunktes ist die Wachstumsrate permanent größer als Null. Häufig schwankt sie um die gleichgewichtige Wachstumsrate bevor sie sich, nach Eintreten des Escapes, der gleichgewichtigen Wachstumsrate monoton annähert. Die Annäherung kann von oben oder unten, also aus verschiedenen Escape-Zonen  $E_1$  und  $E_2$  erfolgen. Bei Vorliegen einer Wachstumsrate des Kapitalstocks unterhalb der Gleichgewichtsrates reicht ein Subsistenzniveau oberhalb des Minimums nicht zwingend aus, um eine der Escape-Zonen zu erreichen. Der Bereich der Escape-Zonen läßt sich schematisch wie in Abbildung 2 darstellen.<sup>11</sup>

In der Entwicklung der Volkswirtschaft auf treten Regelmäßigkeiten, die nicht auf die weit differierenden Absolutwerte der Variablen zurückgeführt werden können. Vielmehr müssen die Variablen gewisse Verhältnisse zueinander annehmen, damit die dauerhafte Überwindung von Subsistenzkrisen möglich ist, also der Escapepunkt realisiert wird. Um zu ermitteln, inwieweit diese Verhältnisse von den gewählten Konstanten abhängen, wurde die Sensitivität des Modells bei Variation der unterstellten Outputelastizitäten, also auch der

<sup>11</sup> Vgl. auch Komlos/Artzrouni, 1990, S.276.

Skalenerträge und der Effizienzparameter getestet Für jede Einzelvariation wurden 5000 Testläufe durchgeführt und mit deskriptiven Verfahren statistisch ausgewertet.



### 3. Sensitivität des Modells, Querschnittsbetrachtung

Das gleichgewichtige Kapitalstockwachstum stellt innerhalb des Modells nur einen theoretischen Referenzpunkt dar, denn mit dem Entkommen aus der Bevölkerungsfalle hat sich das wirtschaftliche System verändert. Die Leistung des Modells besteht darin, daß der Escape durch einen kontinuierlichen Prozeß erreicht wird, daher soll hier hauptsächlich auf die Reaktion der Variablenverhältnisse zum Escapezeitpunkt eingegangen werden. Ermittelt wurden die folgenden Verhältnisse:

Für die Produktionsfaktoren

$P_N / P_A$  die Verteilung der Bevölkerung auf die Sektoren  $P_N / K$  5die Relation von Arbeit und Kapital im Nahrungsmittelsektor  $K/P_A$  die Relation von Arbeit und Kapital im »Anderen-Sektor«<sup>12</sup>  $P/K$  das Verhältnis von Gesamtbevölkerung zu Kapital

<sup>12</sup> Die Umkehrung wurde aus rechnerischen Gründen vorgenommen. Da die Kapitalintensität im »Anderen-Sektor« sehr hoch sein kann, bestünde sonst die Gefahr, daß das verwendete Statistikprogramm dieses Verhältnis auf Null abrunden würde.



Für die Outputs

$Q_N / Q_A$  das Verhältnis der Outputs zwischen den Sektoren

$Q_N / K$  die Relation von Kapitaleinsatz zu Output im Nahrungsmittelsektor

$Q_A / K$  die Relation von Kapitaleinsatz zu Output im »Anderen-Sektor«

Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen also die eingesetzten Produktionsfaktoren. Außerdem wurde das Zeitintervall, in dem der Escape eintrat, festgehalten und die Wachstumsrate des Kapitalstocks mit seiner gleichgewichtigen Wachstumsrate verglichen. Durch den Vergleich der Wachstumsraten läßt sich feststellen, aus welcher Escape-Zone die theoretische Annäherung an das Gleichgewicht erfolgt. Dies könnte einen Einfluß auf die restlichen Variablen ausüben.

### 3.1 Sensitivität bei Variation der Skalenerträge

Es wurden Simulationen mit konstanten Skalenerträgen in beiden Sektoren, mit steigenden Skalenerträgen in einem Sektor und konstanten Skalenerträgen im anderen Sektor, mit steigenden Skalenerträgen in einem Sektor und sinkenden Skalenerträgen im anderen Sektor sowie mit steigenden Skalenerträgen in beiden Sektoren durchgeführt. Liegen in beiden Sektoren sinkende Skalenerträge vor, so sind die theoretischen Voraussetzungen für das Entkommen aus der Bevölkerungsfalle nicht erfüllt. Das Modell wird instabil. Dies gilt auch für Simulationen mit sinkenden Skalenerträgen in einem Sektor und konstanten Skalenerträgen in dem anderen Sektor. Obwohl Bevölkerung, Output und Kapitalstock steigen, kann das Regime in einem maximal zugelassenen Simulationszeitraum von 26000 Jahren nicht überwunden werden.<sup>13</sup> Es wird davon ausgegangen, daß eine derartige Spezifikation die historische Realität nicht hinreichend beschreibt.

#### *a. Reaktionen der Variablen bei konstanten Skalenerträgen*

Für den Fall der konstanten Skalenerträge in beiden Sektoren wurden sieben verschiedene Kombinationen der Outputelastizitäten, die in Tabelle 1 dargestellt sind, untersucht.

Zum Zeitpunkt des Ausbruchs weist die Werteverteilung der betrachteten Verhältnisse und Variablen erhebliche Häufungen auf. Bei allen Konstellationen findet der Ausbruch zu mindestens 75% innerhalb von weniger als 3000 Jahren statt.<sup>14</sup> Der Escape findet um so später statt, je stärker sich die Outputelastizitäten von Arbeit und Kapital ähneln. Dieser Umstand läßt sich über die Bevölkerungsverteilung erklären. Bei einheitlichen Outputelastizitäten von 0.5

<sup>13</sup>Dieser Höchstzeitraum wurde definiert, um endlose Ausführungen unrealistisch spezifizierter Simulationen zu verhindern.

<sup>14</sup>Die Mediane liegen für den ermittelten Zeitpunkt unter den Mittelwerten und die Standardabweichungen sind zum Teil erheblich; ein Anzeichen für Ausreißer.

Tab.1: Escape bei konstanten Skalenerträgen (Mittelwerte)							
(Zeit in Jahrzehnten)							
	Fall1)	Fall2)	Fall3)	Fall4)	Fall5)	Fall6)	Fall7)
	$\alpha_1 = \beta_1 = 0,2;$	$\alpha_1 = \beta_1 = 0,3;$	$\alpha_1 = \beta_1 = 0,4;$	$\alpha_1 = \beta_1 = 0,5;$	$\alpha_1 = \beta_1 = 0,6;$	$\alpha_1 = \beta_1 = 0,7;$	$\alpha_1 = \beta_1 = 0,8;$
	$\alpha_2 = \beta_2 = 0,8$	$\alpha_2 = \beta_2 = 0,7$	$\alpha_2 = \beta_2 = 0,6$	$\alpha_2 = \beta_2 = 0,5$	$\alpha_2 = \beta_2 = 0,4$	$\alpha_2 = \beta_2 = 0,3$	$\alpha_2 = \beta_2 = 0,2$
Escapezeit	-629.05	-644.2	-595.356	-490.89	-512.21	-595.25	-643.12
G(Esc)	0.31	0.11	0.077	0.063	0.059	0.07	0.07
Pn/Pa	94.73	49.36	32.609	28.49	30.46	41.8	73.94
Qn/Qa	3.11	1.28	0.651	0.429	0.316	0.26	0.19
Qa/K	4.66	2.02	1.616	1.412	1.335	1.26	1.36
Qn/K	11.97	2.38	1.008	0.591	0.414	0.32	0.26
Pn/K	172.83	34.49	14.542	8.45	5.93	4.57	3.78
K/Pa	0.5	1.39	2.217	3.345	5.1	9.05	19.27
P/K	175.34	35.32	15.051	8.78	6.15	4.71	3.86

mit:  $\alpha_1$ : Outputelastizität des Kapitals im »Anderen-Sektor«  
 $\beta_1$ : Outputelastizität des Kapitals im Nahrungsmittelsektor  
 $\alpha_2$ : Outputelastizität der Arbeit im »Anderen-Sektor«  
 $\beta_2$ : Outputelastizität der Arbeit im Nahrungsmittelsektor

ist das Verhältnis von  $P_N / P_A$  am geringsten. Das bedeutet aber auch, daß bei dieser Elastizitätenkombination relativ viele Arbeiter in den »Andern-Sektor« abgewandert sein müssen, was nur in Krisenphasen möglich ist. Es müssen also relativ viele Krisen stattgefunden haben, was wiederum den Escapezeitpunkt verzögert.

Im Nahrungsmittelsektor ist die Bandbreite der  $Q_N / K$ -Relation, mit Ausnahme von Fall 1, sehr gering. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die  $P_N / K$ -Relation. Es gilt jeweils: Je geringer die Outputelastizität der Arbeit, desto geringer die beobachteten Mittelwerte. Dies weist darauf hin, daß die relative Größe des notwendigen Kapitalstocks positiv von der Outputelastizität des Kapitals abhängen könnte. Die Faktorenverhältnisse, die eine Nahrungsmittelproduktion oberhalb des Subsistenzminimums erlauben, liegen zudem mit sinkendem  $\beta_2$  und steigendem  $\beta_1$  innerhalb einer viel geringeren Bandbreite. Der Kapitalstock hat allerdings im Gegensatz zur Bevölkerung noch nicht seine gleichgewichtige Wachstumsrate erreicht.

Die Streuung der  $Q_A / K$ -Relation im »Anderen-Sektor« ist größer als die der  $Q_N / K$ -Relation, doch mit Ausnahme von Fall 7 gilt auch hier Je geringer die Outputelastizität der Arbeit, desto mehr Kapital wurde im Verhältnis zum Output eingesetzt. Die Mittelwerte liegen oberhalb der Werte des theoretischen neoklassischen Gleichgewichts. Auch bei den  $K/P_A$ -Relationen ist der relative Einsatz von Kapital um so größer, je größer die Outputelastizität des Kapitals ist, bzw. wird relativ mehr Arbeit eingesetzt, wenn die Outputelastizität der Arbeit steigt. Zur Erklärung dieser Zusammenhänge ist das Kapitalstockwachstum zum Escapezeitpunkt ( $G(\text{Esc})$ ) von Interesse. Ist die Outputelastizität der Arbeit größer als die des Kapitals, so ist seine Rate negativ abhängig von der Outputelastizität des Kapitals. Die Mittelwerte liegen bei allen untersuchten Elastizitätskombinationen oberhalb des Gleichgewichtswachstums von 0.05. Es findet also i.d.R. eine Annäherung an das Gleichgewicht aus der Escape-Zone  $E_i$  statt. Das Gleichgewichtswachstum des Kapitals entspricht bei konstanten Skalenerträgen dem Gleichgewichtswachstum der Bevölkerung. Bei Beibehaltung des Systems käme es somit bis zum Abbruch zu einer Erhöhung der Kapitalintensität. Danach würden beide Produktionsfaktoren mit der gleichen Rate wachsen, was das Vorhandensein einer Obergrenze beim Pro-Kopf-Output an Nahrungsmittel erklärt.

Den Modellimplikationen entsprechend, stimmt die Verteilung des Faktors Arbeit zwischen den Sektoren mit der des neoklassischen Gleichgewichtes überein. Ein Großteil der Bevölkerung ist im Nahrungsmittelsektor beschäftigt. Wie bereits erwähnt, jedoch ein um so geringerer Anteil, je mehr die Outputelastizitäten der Arbeit und des Kapitals einander gleichen. Daß das Verhältnis von Gesamtbevölkerung zu Kapital mit sinkender Outputelastizität des Kapitals steigt, scheint keinen Einfluß auf die Verteilung der Bevölkerung auf die Sektoren auszuüben. Für die realisierte Allokation kann folgender Zusammenhang verantwortlich gemacht werden: Ist die Outputelastizität des Kapitals niedrig,

so müssen relativ viele Arbeiter im Nahrungsmittelsektor eingesetzt werden, um das Existenzminimum an Nahrung zu sichern. Ist hingegen die Outputelastizität des Kapitals hoch, so müssen weniger Arbeiter in den »Anderen-Sektor« abwandern, um den notwendigen Kapitalstock zu erwirtschaften. Auch das Verhältnis der Outputs zwischen den Sektoren  $Q_N / Q_A$  steigt mit sinkender Outputelastizität des Kapitals. Für die Relation  $P/K$  ist eine enge Verknüpfung mit dem Nahrungsmittelsektor erkennbar.

*b. Reaktionen der Variablen bei steigenden Skalenerträgen im »Anderen-Sektor«*

In der zweiten Gruppe von Simulationen wurden die Skalenerträge im Nahrungsmittelsektor weiterhin konstant gesetzt (Outputelastizitäten = 0.5), für den »Anderen-Sektor« jedoch steigende Skalenerträge unterstellt. Untersucht wurden diesmal vierzehn verschiedene Kombinationen der Outputelastizitäten, die in Tabelle 2 dargestellt sind.

In den ersten sieben Fällen wird die Outputelastizität der Arbeit gesteigert und die Outputelastizität der Kapitals auf zwei verschiedenen Niveaus konstant gehalten; in den Fällen 8-14 steigt die Outputelastizität des Kapitals bei zwei verschiedenen Niveaus der Outputelastizität der Arbeit.

Der Ausbruch findet bei den ersten sieben Konstellationen später statt, als bei konstanten Skalenerträgen; und zwar umso später, je höher die Outputelastizität der Arbeit  $\alpha_2$  im kapitalproduzierenden Sektor bei konstantem Niveau von  $\alpha_1$  festgelegt wurde. Liegt die Outputelastizität des Kapitals über der der Arbeit, so findet mit steigendem  $\alpha_1$  zwar ebenfalls eine Verschiebung des Escapezeitpunktes nach hinten statt, jedoch in viel geringerem Ausmaß.<sup>15</sup>

Obwohl der Nahrungsmittelsektor bei der Steigerung seines Kapitalinputs vom »Anderen-Sektor« abhängig ist und von dessen Entwicklung beeinflusst wird, sind die verschiedenen  $Q_N / K$ -Relationen nahezu identisch und auch die Unterschiede zwischen den  $P_N / K$ -Relationen sind minimal. Überdies entsprechen sie in etwa den Relationen der vierten Konstellation der konstanten Skalenerträge. Zu diesem Zeitpunkt üben die verschiedenen Elastizitätskonstellationen im »Anderen-Sektor« offenbar keinerlei Einfluß auf den Nahrungsmittelsektor aus. Lediglich der Zeitpunkt selbst, zu dem das minimale Subsistenzniveau erreicht wird, wird negativ von der Höhe der Outputelastizität der Arbeit im »Anderen-Sektor«  $\alpha_2$  beeinflusst.

Auch im »Anderen-Sektor« differieren die Mittelwerte bei den verschiedenen Konstellationen nicht stark.<sup>16</sup> Für das Verhältnis von Kapital zu Arbeitsein-

<sup>15</sup> In diesen Fällen ist auch die Streuung erheblich geringer als in den anderen. Der Escapezeitpunkt kommt der historischen Realität in Fall 3 am nächsten; allerdings bei einer hohen Streuung der Werte.

<sup>16</sup> Die theoretischen Gleichgewichte von  $Q_A/K$  differieren weit mehr. Bei steigenden Skalenerträgen in diesem Sektor ist das Gleichgewicht zudem nicht mehr konstant, sondern fällt von Konstellation zu Konstellation unterschiedlich aus. Ist die Output-

Tab.2: Escape bei steigenden Skalenerträgen im "Anderen-Sektor" (Mittelwerte)/							
$\beta_1 = \beta_2 = 0,5$	(Zeit in Jahrzehnten)						
	Fall 1)	Fall 2)	Fall 3)	Fall 4)	Fall 5)	Fall 6)	Fall 7)
	$\alpha_1 = 0,4;$	$\alpha_1 = 0,4;$	$\alpha_1 = 0,4;$	$\alpha_1 = 0,5;$	$\alpha_1 = 0,5;$	$\alpha_1 = 0,5;$	$\alpha_1 = 0,5;$
	$\alpha_2 = 0,7$	$\alpha_2 = 0,8$	$\alpha_2 = 0,9$	$\alpha_2 = 0,6$	$\alpha_2 = 0,7$	$\alpha_2 = 0,8$	$\alpha_2 = 0,9$
Escapezeit	-136.02	-0.57	145.67	-358.01	-210.08	-72.79	74.58
G(Esc)	0.08	0.078	0.09	0.068	0.074	0.09	0.1
Pn/Pa	25.44	27.31	28.87	27.57	28.77	29.65	30.54
Qn/Qa	0.42	0.37	0.37	0.408	0.381	0.38	0.35
Qa/K	1.41	1.668	1.66	1.492	1.612	1.62	1.74
Qn/K	0.57	0.583	0.56	0.588	0.586	0.57	0.56
Pn/K	8.14	8.36	8.06	8.39	8.39	8.09	8.04
K/Pa	3.09	3.233	3.53	3.254	3.39	3.6	3.74
P/K	8.5	8.71	8.38	8.74	8.73	8.41	8.35
	Fall 8)	Fall 9)	Fall 10)	Fall 11)	Fall 12)	Fall 13)	Fall 14)
	$\alpha_1 = 0,6;$	$\alpha_1 = 0,7;$	$\alpha_1 = 0,8;$	$\alpha_1 = 0,9;$	$\alpha_1 = 0,7;$	$\alpha_1 = 0,8;$	$\alpha_1 = 0,9;$
	$\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_2 = 0,4$	$\alpha_2 = 0,4$	$\alpha_2 = 0,4$
Escapezeit	-503.71	-498.54	-487.92	-477.81	-588.34	-579.64	-564.14
G(Esc)	0.066	0.068	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08
Pn/Pa	31.69	34.3	36.24	39.52	38.8	40.03	42.26
Qn/Qa	0.417	0.406	0.41	0.4	0.44	0.41	0.42
Qa/K	1.461	1.505	1.48	1.54	1.37	1.48	1.44
Qn/K	0.591	0.591	0.57	0.57	0.58	0.59	0.58
Pn/K	8.47	8.49	8.26	8.26	8.38	8.56	8.34
K/Pa	3.704	3.99	4.31	4.7	4.56	4.62	4.98
P/K	8.78	8.79	8.54	8.52	8.64	8.83	8.59

satz lassen sich die gleichen Zusammenhänge wie bisher feststellen; mit Steigerung einer Elastizität bei Konstanz der anderen steigen die Verhältniswerte; wenn auch nur geringfügig.

Bezieht man das Kapitalstockwachstum in die Betrachtung ein, ergibt sich wiederum eine Änderung gegenüber den zuvor betrachteten Fällen. Während bei steigenden Outputelastizitäten der Arbeit die Wachstumsrate des Kapitalstocks zum Escapezeitpunkt oberhalb des späteren Gleichgewichts liegt, nimmt diese Variable in den Fällen 8-14, bei steigenden Outputelastizitäten des Kapitals überwiegend Werte unterhalb der gleichgewichtigen Wachstumsrate an. Der Kapitalstock wächst in steigendem Ausmaß an, wenn sich die Wachstumsrate von unten ihrem Gleichgewicht annähert (Escape-Zone  $E_2$ ). Dies ist bei relativ hohen Outputelastizitäten des Kapitals  $\alpha_2$  der Fall, die folglich den Escape auch bei geringem Wachstum des Kapitalstocks ermöglichen.

Auch die Werte für die Verteilung der Bevölkerung auf die Sektoren nehmen eine viel engere Bandbreite ein als bei konstanten Skalenerträgen und wiederum kann eine Zweiteilung der Simulationsgruppe vorgenommen werden. Ist die Outputelastizität der Arbeit größer als die des Kapitals  $\alpha_1$  (Fälle 1-7), steigt der Mittelwert des Verhältnisses  $P_N / P_A$  mit steigendem  $\alpha_2$  bei konstantem  $\alpha_1$ . Liegt die Outputelastizität des Kapitals über der der Arbeit, arbeitet ein umso kleinerer Anteil der Bevölkerung im »Anderen-Sektor«, je höher  $\alpha_1$  festgelegt wurde<sup>17</sup>. Die Mittelwerte für  $P_N / K$  und  $P/K$  ähneln einander erneut. Bei allen Kombinationen wird der größere Anteil des Outputs im »Anderen-Sektor« produziert. Abermals läßt sich bei den Unterschieden zwischen den verschiedenen Konstellationen die vorhergehend beschriebene Abhängigkeit erkennen. Daß der Escape umso später stattfindet, je höher  $\alpha_2$  gewählt wurde, ist mit der relativen Verteilung der Bevölkerung nicht erklärbar.

#### *c. Reaktionen der Variablen bei steigenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor*

Die dritte Gruppe von Simulationen wurden mit steigenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor und konstanten Skalenerträgen im »Anderen-Sektor«

elastizität der Arbeit größer als die des Kapitals (Fall 1-7), erhöht sich bei konstantem  $\alpha_1$  das neoklassische Gleichgewicht mit steigendem  $\alpha_2$ . Liegt die Outputelastizität des Kapitals über der der Arbeit (Fall 8-14), so existiert umgekehrt bei konstantem  $\alpha_2$  ein höheres Gleichgewicht, je höher  $\alpha_1$  festgelegt wurde. Die Abstände zwischen den Gleichgewichten sind in diesen Fällen sehr viel größer. Graphisch läßt sich, eine Abhängigkeit dieser Gleichgewichte von den gleichgewichtigen Wachstumsraten des Kapitalstocks erkennen. Es wird noch ein zweiter Zusammenhang deutlich. Wird für steigende Skalenerträge von 1,2 für  $\alpha_1$  ein Wert von 0,4 statt 0,5 angenommen, so verringert sich das Gleichgewichtsniveau, trotz Steigerung von  $\alpha_2$ . Wird hingegen  $\alpha_1 > \alpha_2$  unterstellt, so steigt das Gleichgewicht mit steigender Outputelastizität des Kapitals trotz sinkender Outputelastizität der Arbeit [s. Fälle 2, 5, 9 und 13]. Es ist eine primäre Abhängigkeit von  $\alpha_1$  beobachtbar.<sup>17</sup> Zudem steigen Standardabweichung und mittlere absolute Abweichung.

(Outputelastizitäten = 0.5) durchgeführt. Untersucht wurden wiederum vierzehn verschiedene Kombinationen der Outputelastizitäten, deren Relationen entsprechend Abschnitt 3.b gewählt wurden und in Tabelle 3 aufgeführt sind.

In den ersten sieben Fällen wird analog zu Abschnitt 3.b die Outputelastizität der Arbeit gesteigert und die Outputelastizität der Kapitals auf zwei verschiedenen Niveaus konstant gehalten; in den Fällen 8-14 steigt die Outputelastizität des Kapitals bei zwei verschiedenen Niveaus der Outputelastizität der Arbeit.

Der Ausbruch findet bei steigenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor im Mittel ca. im gleichen Zeitraum wie bei konstanten Skalenerträgen statt.<sup>18</sup> Ein strenger Zusammenhang zwischen Escapezeitpunkt und den festgelegten Outputelastizitäten ist wiederum nicht bestimmbar. Mit steigender Outputelastizität der Arbeit  $\beta_2$  findet der Escape jedoch eher später, mit steigender Outputelastizität des Kapitals  $\beta_1$  eher früher statt.<sup>19</sup>

Im Nahrungsmittelsektor sind die  $Q_N / K$ -Relationen für die Fälle 8-14 im Mittelwert kleiner als eins und sinken mit steigendem  $\beta_1$ . Es wird arbeitsintensiv produziert, aber auch das Verhältnis  $P_N / K$  sinkt mit steigendem  $\beta_1$ .<sup>20</sup> Mit steigendem  $\beta_2$  steigen hingegen beide Relationen an. Eine primäre Abhängigkeit des Nahrungsmittelsektors von der Outputelastizität der Arbeit, die im Gleichgewicht nachgewiesen werden kann, tritt noch nicht deutlich zu Tage.<sup>21</sup>

Im »Anderen-Sektor« liegen die  $Q_A / K$  im Mittel (mit Ausnahme von Fall 11, bei extrem hohen Outputelastizitäten des Kapitals im Nahrungsmittelsektor)

<sup>18</sup> Die Häufigkeitsverteilungen für den Escapepunkt sind jedoch heterogener als bei den zuvor betrachteten Simulationsgruppen. Für die Fälle 3 und 7 existieren erneut starke Ausreißer. Die Streuung ist bei den Fällen 1-7 allerdings erheblich geringer als zuvor.

<sup>19</sup> Der vermutete Zusammenhang kann erneut auf die Bevölkerungsverteilung und das Migrationsverhalten zurückgeführt werden. Bei steigender Outputelastizität des Kapitals im Nahrungsmittelsektor muß im »Anderen-Sektor« weniger Kapital akkumuliert werden, um das zur Erreichung des Subsistenzminimums an Nahrung notwendige Kapital zur Verfügung zu stellen. Folglich müssen auch relativ wenig Arbeiter in den »Anderen-Sektor« migrieren. Der Escape kann früher stattfinden. Im Gegensatz dazu kann bei steigender Outputelastizität der Arbeit eine relativ größere Bevölkerung ernährt werden, ohne daß eine Krise eintritt und Migration stattfindet. Es muß jedoch über Migration ein genügend großer Anteil der Bevölkerung in den »Anderen-Sektor« abwandern, damit das zum Escape notwendige Kapital akkumuliert werden kann. Wiederum wird der Escape verzögert.

<sup>20</sup> Im neoklassischen Gleichgewicht steigen beide Relationen in Abhängigkeit von  $\beta_1$  und  $Q_N/K$  steigt erheblich über 1.

<sup>21</sup> Analog zu den beobachteten Abhängigkeiten im »Anderen-Sektor« sind im theoretischen Gleichgewicht bei Skalenerträgen von 1,2 beide Verhältniswerte umso größer, je größer die Outputelastizität der Arbeit festgelegt wurde; also auch je niedriger  $\beta_1$ . Der Ursprung dieses Zusammenhanges liegt darin, daß der Nahrungsmittelsektor zum Zeitpunkt seiner Entstehung arbeitsintensiv, der »Andere-Sektor« hingegen kapitalintensiv produziert. Höhere Outputelastizitäten der intensiv genutzten Faktoren in den jeweiligen Sektoren begünstigen den Output des entsprechenden Sektors. Bei steigenden Skalenerträgen im »Anderen-Sektor« wurde die Kapitalakkumulation derartig forciert, daß auch der Nahrungsmittelsektor kapitalintensiv produzieren.

Tab.3: Escape bei steigenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor (Mittelwerte)/							
$\alpha_1 = \alpha_2 = 0,5$ (Zeit in Jahrzehnten)							
	Fall 1)	Fall 2)	Fall 3)	Fall 4)	Fall 5)	Fall 6)	Fall 7)
	$\beta_1 = 0,4;$	$\beta_1 = 0,4;$	$\beta_1 = 0,4;$	$\beta_1 = 0,5;$	$\beta_1 = 0,5;$	$\beta_1 = 0,5;$	$\beta_1 = 0,5;$
	$\beta_2 = 0,7$	$\beta_2 = 0,8$	$\beta_2 = 0,9$	$\beta_2 = 0,6$	$\beta_2 = 0,7$	$\beta_2 = 0,8$	$\beta_2 = 0,9$
Escapezeit	-660.05	-649.25	-570.32	-639.93	-669.72	-657.13	-589.79
G(Esc)	0.1	0.154	0.87	0.069	0.081	0.13	0.61
Pn/Pa	68.08	122.01	232.99	47.58	72.74	121.66	224.4
Qn/Qa	1.26	2.861	26.08	0.683	1.102	2.45	19.63
Qa/K	1.74	2.854	8.84	1.45	1.607	2.2	7.15
Qn/K	2.04	7.279	220.37	0.944	1.643	4.75	165.79
Pn/K	29.6	109.59	2370.25	13.78	24.34	68.56	1324.31
K/Pa	2.24	1.088	0.07	3.427	2.96	1.69	0.15
P/K	30.19	111.24	2399.1	14.14	24.82	69.56	1341.06
	Fall 8)	Fall 9)	Fall 10)	Fall 11)	Fall 12)	Fall 13)	Fall 14)
	$\beta_1 = 0,6;$	$\beta_1 = 0,7;$	$\beta_1 = 0,8;$	$\beta_1 = 0,9;$	$\beta_1 = 0,7;$	$\beta_1 = 0,8;$	$\beta_1 = 0,9;$
	$\beta_2 = 0,5$	$\beta_2 = 0,5$	$\beta_2 = 0,5$	$\beta_2 = 0,5$	$\beta_2 = 0,4$	$\beta_2 = 0,4$	$\beta_2 = 0,4$
Escapezeit	-587.58	-609.4	-621.47	-624.16	-472.22	-540.54	-564.47
G(Esc)	0.059	0.053	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05
Pn/Pa	36.3	40.97	44.1	45.89	30.23	34.17	37.04
Qn/Qa	0.475	0.476	0.49	0.46	0.4	0.387	0.41
Qa/K	1.283	1.16	1	0.92	1.14	1.113	0.97
Qn/K	0.591	0.533	0.46	0.4	0.45	0.42	0.38
Pn/K	8.54	7.74	6.7	5.83	6.44	6.06	5.48
K/Pa	4.237	5.312	6.59	7.92	4.69	5.674	6.83
P/K	8.81	7.97	6.88	5.99	6.68	6.26	5.65



oberhalb der den Modellimplikationen entsprechenden theoretischen Gleichgewichte. Ein Hinweis darauf, daß die Wachstumsrate des Kapitalstocks i.d.R. über der der Bevölkerung liegt. Bei einer gleichgewichtigen Wachstumsrate des Kapitals von 0,05 bedeutet dies, daß die Anpassung an die neoklassische Gleichgewichtsrate im Mittel von oben (aus Escape-Zone  $E_1$ ) erfolgt. Für die Beschreibung der Abhängigkeiten kann man die Simulationsgruppe wiederum in zwei Untergruppen aufspalten. Ist die Outputelastizität der Arbeit  $\beta_2$  größer als die des Kapitals  $\beta_1$ , so ist die  $Q_A / K$ -Relation um so größer, je größer  $\beta_2$  gewählt wurde. Liegt die Outputelastizität des Kapitals  $\beta_1$  über der der Arbeit  $\beta_2$ , so ist das Verhältnis umso kleiner, je höher  $\beta_1$  festgelegt wurde.<sup>22</sup> Für die Relation  $K/P_A$  gilt dies in umgekehrter Weise.

Wiederum ist ein Großteil der Bevölkerung im Nahrungsmittelsektor beschäftigt. Dieser Bevölkerungsanteil steigt aber noch über die bisher beobachteten Dimensionen an, wenn die Outputelastizität der Arbeit  $\beta_2$  bei konstanten Outputelastizitäten des Kapitals  $\beta_1$  steigt. Wird hingegen eine steigende Outputelastizität des Kapitals unterstellt, nimmt die Relation Werte innerhalb der bisherigen Bandbreite an. Die Gesamtbevölkerung nimmt bei dieser Simulationsgruppe relativ zum Kapital mit steigender Outputelastizität der Arbeit zu und mit steigender Outputelastizität des Kapitals ab. Mit steigender Effizienz des Faktors Arbeit im Nahrungsmittelsektor ist die Volkswirtschaft in der Lage, eine relativ größere Population zu ernähren. Auch bei den Outputrelationen ergibt sich ein geteiltes Bild. In den Fällen 1-7 wird der größere Anteil des Outputs im Nahrungsmittelsektor hergestellt während dieser Sektor bei den Konstellationen 8-14 weniger als der »Andere-Sektor« produziert. Ist die Outputelastizität des Kapitals im Nahrungsmittelsektor größer als die der Arbeit, so muß offenbar über den Output des »Anderen-Sektors« zunächst genügend Kapital erwirtschaftet werden, damit die Skalenerträge im Nahrungsmittelsektor ausgenutzt werden können. Erst dann kann der Output  $Q_N$  über den  $Q_A$  steigen.

*d. Reaktionen der Variablen bei steigenden Skalenerträgen in beiden Sektoren;  
Variation der Outputelastizitäten des Nahrungsmittelsektors*

Die nächsten beiden Simulationengruppen wurde mit steigenden Skalenerträgen in beiden Sektoren durchgeführt. Die Variationen innerhalb der beiden Sektoren sollen getrennt betrachtet werden; zuerst zwölf verschiedene Kombinationen der Outputelastizitäten im Nahrungsmittelsektor, die in Tabelle 4 aufgezeigt sind. Der »Andere-Sektor« wurde in den Fällen 1-6 mit einer höheren Outputelastizität des Faktors Arbeit, in den Fällen 7-12 mit einer höheren Elastizität des Faktors Kapital festgelegt.

Für die Kombinationen 1-3 und 7-9, also bei steigenden Outputelastizitäten der Arbeit im Nahrungsmittelsektor  $\beta_2$  sind keine eindeutigen Trends für den

<sup>22</sup> Die Relationen liegen nun nahe bei dem späteren Gleichgewicht und streuen geringer als in der ersten sieben Fällen.

Tab.4: Escape bei steigenden Skalenerträgen in beiden Sektoren /beta variiert (Zeit in Jahrzehnten)						
alpha1=0,5; alpha2=0,6						
	Fall 1)	Fall 2)	Fall 3)	Fall 4)	Fall 5)	Fall 6)
	$\beta_1 = 0,5;$	$\beta_1 = 0,5;$	$\beta_1 = 0,5;$	$\beta_1 = 0,6;$	$\beta_1 = 0,7;$	$\beta_1 = 0,8;$
	$\beta_2 = 0,6$	$\beta_2 = 0,7$	$\beta_2 = 0,8$	$\beta_2 = 0,5$	$\beta_2 = 0,5$	$\beta_2 = 0,5$
Escapezeit	-611.92	-663.2	-656.63	-493.24	-534.95	-551.27
G(Esc)	0.07	0.08	0.12	0.06	0.06	0.05
Pn/Pa	39.71	61.43	104.21	31.95	34.23	35.81
Qn/Qa	0.76	1.26	2.6	0.501	0.56	0.56
Qa/K	1.35	1.45	2.16	1.321	1.11	1.01
Qn/K	0.97	1.67	4.79	0.639	0.6	0.54
Pn/K	13.95	24.26	69.2	9.19	8.58	7.78
K/Pa	2.8	2.49	1.45	3.445	3.97	4.61
P/K	14.37	24.77	70.26	9.52	8.87	8.03
alpha1=0,6; alpha2=0,5						
	Fall 7)	Fall 8)	Fall 9)	Fall 10)	Fall 11)	Fall 12)
	$\beta_1 = 0,5;$	$\beta_1 = 0,5;$	$\beta_1 = 0,5;$	$\beta_1 = 0,6;$	$\beta_1 = 0,7;$	$\beta_1 = 0,8;$
	$\beta_2 = 0,6$	$\beta_2 = 0,7$	$\beta_2 = 0,8$	$\beta_2 = 0,5$	$\beta_2 = 0,5$	$\beta_2 = 0,5$
Escapezeit	-635.44	-666.08	-656.69	-575.58	-598.45	-610.49
G(Esc)	0.07	0.08	0.12	0.059	0.06	0.05
Pn/Pa	46.67	71.06	117.37	36.58	40	42.42
Qn/Qa	0.73	1.22	2.59	0.477	0.51	0.5
Qa/K	1.35	1.47	2.1	1.294	1.1	0.99
Qn/K	0.94	1.65	4.8	0.598	0.54	0.48
Pn/K	13.55	23.95	69.39	8.63	7.81	6.88
K/Pa	3.39	2.9	1.62	4.207	5.09	6.16
P/K	13.91	24.43	70.44	8.91	8.05	7.07

Escapezeitpunkt feststellbar. Allerdings findet der Escape in diesen Fällen sehr früh statt. Der Nahrungsmittelsektor arbeitet derartig effizient und gleichzeitig kann, über die steigenden Skalenerträge im »Anderen-Sektor«, auch die Akkumulation des notwendigen Kapitalstocks innerhalb eines kurzen Zeitraumes gewährleistet werden, so daß das Subsistenzminimum an Nahrungsmitteln für eine wachsende Bevölkerung sehr schnell (nach einer geringen Anzahl von Krisen die zum Aufbau des kapitalproduzierenden Sektors führen) dauerhaft gesichert werden kann. Auch der Escapezeitpunkt der restlichen Kombinationen liegen am unteren Rand des Intervalls der bisher erzielten Ergebnisse. Bei steigender Outputelastizität des Kapitals im Nahrungsmittelsektor  $\beta_1$  findet der Escape um so früher statt, je höher  $\beta_1$  angenommen wurde.

Im Nahrungsmittelsektor liegen bei den Konstellationen 1-3 und 7-9 die Häufigkeitsverteilungen der Variablenverhältnisse in höheren Wertebereichen als bei den Konstellationen 4-6 und 10-12. Sie steigen mit steigender Outputelastizität der Arbeit  $\beta_2$  und sinken mit steigendem  $\beta_1$ . Der steigende Einsatz des effizienteren Produktionsfaktors führt zu einer Verminderung bzw. zu einer Erhöhung der Kapitalintensität der Produktion. Für alle Kombinationen liegt  $P_N / K$  erheblich über den theoretisch erreichbaren Relationen des Gleichgewichtes, was bedeutet das die Wachstumsrate des Kapitalstocks über der gleichgewichtigen Wachstumsrate der Bevölkerung liegt. Jedoch wird im Nahrungsmittelsektor arbeitsintensiv produziert,  $P_N / K$  ist größer eins. Die Mittelwerts-

großen liegen wiederum innerhalb des bereits beschriebenen Gesamtrahmens. Bei steigenden Outputelastizitäten des Kapitals im Nahrungsmittelsektor  $\beta_1$  ist die  $Q_N / K$ -Relation (noch) kleiner als eins.

Bei steigender Outputelastizität der Arbeit im Nahrungsmittelsektor  $\beta_2$  steigen die Relationen im »Anderen-Sektor« mit steigendem  $\beta_2$ . Bei steigendem  $\beta_1$  sinken die Werte der  $Q_A / K$ -Relationen. Die  $K/P_A$ -Relationen sinken mit steigendem  $\beta_2$  bzw. steigen mit steigendem  $\beta_1$ . Steigt also die Outputelastizität der Arbeit im Nahrungsmittelsektor, so sinkt die Kapitalintensität der Produktion in beiden Sektoren und es wird mehr Output pro Einheit Kapital erzeugt. Die Gründe für den extrem frühen Escape in diesen Fällen werden hier noch einmal deutlich. Die Wachstumsrate des Kapitalstocks ist zum Escapezeitpunkt bei den Kombinationen 1-3 und 7-9 größer als das Gleichgewichtswachstum und steigt mit steigendem  $\beta_2$ , im 4-6 und 10-12 Fall eher geringer. Leider unterscheiden sich die untersuchten Verhältnisse bei den zuletzt genannten Elastizitätskombinationen nur derart geringfügig, daß keine weitergehenden Rückschlüsse möglich sind.

Auch für diese Simulationsgruppe gilt, daß ein Großteil der Bevölkerung im Nahrungsmittelsektor beschäftigt ist. Liegt die Outputelastizität der Arbeit  $\beta_2$  im Nahrungsmittelsektor über der des Kapitals  $\beta_1$  (Fälle 1-3 und 7-9), so erhöht sich der Wert des Verhältnisses  $P_N / P_A$  mit Ansteigen der Outputelastizitäten in diesem Sektor erheblich mehr als bei Steigerung von  $\beta_1$ . Nur bei steigenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor und konstante Skalenerträgen im »Anderen-Sektor« (vgl. Tabelle 3) wurde bisher eine noch ungleichmäßigere Allokation der Bevölkerung erreicht. Bei steigenden Outputelastizitäten des Kapitals im Nahrungsmittelsektor wird der größere Anteil des Gesamtoutputs im »Anderen-Sektor« hergestellt, in den anderen Fällen jedoch im Nahrungsmittelsektor. Wie bei steigenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor und konstanten Skalenerträgen im »Anderen-Sektor« kann also die agrare Prägung auch im Bezug auf den Produktionsschwerpunkt bis zum Escapezeitpunkt bei steigendem  $\beta_2$  erhalten bleiben.

*e. Reaktionen der Variablen bei steigenden Skalenerträgen in beiden Sektoren;*

*Variation der Outputelastizitäten des »Anderen-Sektors«*

Nun werden bei steigenden Skalenerträgen in beiden Sektoren zwölf verschiedene Kombinationen der Outputelastizitäten im »Anderen-Sektor«, wie in Tabelle 5 dargestellt, betrachtet. Analog zum vorhergehenden Abschnitt wurde nun der Nahrungsmittelsektor in den Fällen 1-6 mit einer höheren Elastizität des Faktors Arbeit, in den Fällen 7-12 mit einer höheren Elastizität des Faktors Kapital konstant gehalten.

Mit Variation der Outputelastizitäten im »Anderen-Sektor« bei Konstanz des Nahrungsmittelsektors findet für alle Kombinationen der Escape um so später statt, je höher die variierte Outputelastizität steigt. Am spätesten, wenn im »Anderen-Sektor« die Outputelastizität der Arbeit  $\alpha_2$  und im Nahrungsmittel-

Tab.5: Escape bei steigenden Skalenerträgen in beiden Sektoren /alpha variiert (Mittelwerte/Zeit in Jahrzehnten)						
beta1 = 0,5; beta2 = 0,6						
	Fall 1)	Fall 2)	Fall 3)	Fall 4)	Fall 5)	Fall 6)
	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,6$	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,7$	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,8$	$\alpha_1 = 0,6;$ $\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_1 = 0,7;$ $\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_1 = 0,8;$ $\alpha_2 = 0,5$
Escapezeit	-611.92	-573.37	-520.36	-635.44	-626.61	-617.64
G(Esc)	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07
Pn/Pa	39.71	35.38	33.84	46.67	45.38	45.06
Qn/Qa	0.76	0.77	0.77	0.73	0.73	0.74
Qa/K	1.35	1.39	1.46	1.35	1.35	1.36
Qn/K	0.97	1	1.04	0.94	0.95	0.96
Pn/K	13.95	14.39	14.9	13.55	13.7	13.82
K/Pa	2.8	2.42	2.22	3.39	3.25	3.19
P/K	14.37	14.86	15.41	13.91	14.08	14.21
beta1 = 0,6; beta2 = 0,5						
	Fall 7)	Fall 8)	Fall 9)	Fall 10)	Fall 11)	Fall 12)
	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,6$	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,7$	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,8$	$\alpha_1 = 0,6;$ $\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_1 = 0,7;$ $\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_1 = 0,8;$ $\alpha_2 = 0,5$
Escapezeit	-493.24	-360.75	-213.68	-575.58	-557.78	-539.94
G(Esc)	0.06	0.07	0.08	0.059	0.07	0.07
Pn/Pa	31.95	31.18	31.35	36.58	37.17	38.99
Qn/Qa	0.501	0.54	0.53	0.477	0.5	0.5
Qa/K	1.321	1.32	1.43	1.294	1.25	1.27
Qn/K	0.639	0.67	0.71	0.598	0.6	0.6
Pn/K	9.19	9.66	10.08	8.63	8.58	8.68
K/Pa	3.445	3.17	3.03	4.207	4.25	4.39
P/K	9.52	10.02	10.45	8.91	8.86	8.96

sektor die Outputelastizität des Kapitals  $\beta_1$  höher gewählt wurde; somit jeweils die Elastizität, von der nur eine sekundäre Abhängigkeit besteht. Kombination 9, mit einer hohen Outputelastizität des Kapitals im Nahrungsmittelsektor, scheint bei steigenden Skalenerträgen das Entkommen aus der malthusiani-schen Falle am negativsten zu beeinflussen. Bei den bisherigen Simulationsstaffeln fand der Escape nur bei konstanten Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor und gleichzeitig steigenden Skalenerträgen im »Anderen-Sektor« noch später statt

Noch ein Umstand wird im Vergleich zu den vorhergehenden Simulationsstaffeln deutlich: Während die Steigerung einer Outputelastizität im Nahrungsmittelsektor eher zu einem beschleunigten Eintreten des Escapes führt, verzögert die Steigerung einer Outputelastizität im »Anderen-Sektor« den Escape. Für diesen Umstand ergeben sich zwei Erklärungsmöglichkeiten: Zum einen wurde schon für die Gruppe von Simulationen mit konstanten Skalenerträgen vermutet, daß die Ansprüche an die Größe des zum Escape notwendigen Kapitalstocks von der Outputelastizität des Kapitals (im »Anderen-Sektor«) abhängig sind. Ist diese Vermutung richtig, so muß bei steigender Outputelastizität des Kapitals im »Anderen-Sektor« zunächst eine minimale Größe des Sektors erreicht werden, damit dieser in der Lage ist, einen genügend großen Kapitalstock zu akkumulieren; bzw. Kapital über einen relativ langen Zeitraum akkumuliert werden, um diesen Kapitalstock zu erreichen. Zum anderen ist es

möglich, daß der »Andere-Sektor« zunächst eine minimale Größe erreichen muß, um die steigenden Skalenerträge effizient nutzen zu können. Vor allem, wenn die Outputelastizität der Arbeit in diesem Sektor über der des Kapitals liegt, müßte über das Migrationsverhalten in Krisenphasen erst eine genügend große Arbeiterschaft in diesen Sektor wandern. Ist die Arbeiterschaft relativ klein, kann zwar ein verhältnismäßig großer Output erwirtschaftet werden, es besteht beim Auftreten einer Krise aber immer die Gefahr, daß der gesamte kapitalproduzierende Sektor zusammenbricht.

Die Werte der  $P_N / K$ - und der  $Q_N / K$ -Relationen für die Konstellationen 1-6 (die Outputelastizität der Arbeit liegt im Nahrungsmittelsektor über der des Kapitals) besitzen ein höheres Niveau, als bei den Konstellationen 7-12. In den ersten sechs Fällen steigen die Werteverhältnisse bei Steigerung der jeweils variierten Outputelastizität. Auch in den Fällen 7-9 steigen die Relationen mit steigender Outputelastizität der Arbeit  $a_2$ , für die letzten drei Relationen lassen sich jedoch kein eindeutigen Aussagen treffen. Ursache hierfür ist vermutlich die Streuung der Einzelergebnisse. Die Werte für die Konstellationen 10-12 liegen so Nahe beieinander, daß schon eine geringe Streuung die eindeutige Identifizierung einer positiven Abhängigkeit von der Outputelastizität des Kapitals im »Anderen-Sektor« verhindert. Zudem wird arbeitsintensiv produziert.<sup>23</sup> Geringere Werte für die Relationen des Nahrungsmittelsektors wurden lediglich bei den unter Abschnitt 3.b beschriebenen Simulationsstaffel erreicht. Liegen demzufolge steigende Outputelastizitäten im »Anderen-Sektor« vor, so nehmen die Variablenverhältnisse im Nahrungsmittelsektor, auf Grund der relativen Höhe des akkumulierten Kapitalstocks, extrem geringe Werte an.

In den Fällen 1-6 steigt das Verhältnis von Output zu Kapital im »Anderen-Sektor« mit steigendem  $\alpha_1$  bzw. mit steigendem  $\alpha_2$ . Für die anderen Fälle ist keine eindeutige Abhängigkeit erkennbar. Die  $K/P_A$ -Relationen sinken, bis auf die Fälle 10-12, mit steigenden Outputelastizitäten im kapitalproduzierenden Sektor. Ist in beiden Sektoren die Outputelastizität des Kapitals größer als die der Arbeit (Fälle 10-12), steigt  $K/P_A$  mit steigendem

Wiederholt orientiert sich das Verhältnis von Gesamtbevölkerung zu Kapital stark an der Entwicklung im Nahrungsmittelsektor. Die Bevölkerungsverteilung ist innerhalb der Dreier-Gruppen mit konstanten Annahmen über die Elastizitäten im Nahrungsmittelsektor und Variation einer Elastizität im »Anderen-Sektor« sehr ähnlich. Liegt die Outputelastizität der Arbeit  $\beta_2$  im Nahrungsmittelsektor über der des Kapitals  $\beta_1$  (Fälle 1-6), so sinkt der Wert des Verhältnisses  $P_N / P_A$  mit Ansteigen der jeweils variierten Outputelastizität im »Anderen-Sektor«. Liegt die Outputelastizität des Kapitals in beiden Sektoren über der der Arbeit (Fälle 10-12), so steigt die Relation. Für die Fälle 7-9 sind keine

<sup>23</sup> Im Gleichgewicht würde kapitalintensiv produziert werden. Die ( $Q_N/K$ -Relationen sind jedoch in den meisten Fällen kleiner als eins. Ausnahmen sind die Fälle 2 und 3, in denen in beiden Sektoren die Outputelastizität der Arbeit größer als die des Kapitals gewählt wurde.

eindeutigen Aussagen treffbar. Die  $Q_N / Q_A$ -Relation besitzen in den ersten sechs Fällen wie auch in den Fällen 7-12 ein jeweils relativ konstantes Niveau zu Gunsten des »Anderen-Sektors«. Steigende Skalenerträge im »Anderen-Sektor«, scheinen zu einer relativ festen Verteilung der Outputs auf die Sektoren zu führen. Das Niveau dieser Verhältnisse wiederum scheint von den Annahmen über den Nahrungsmittelsektor abhängig zu sein.

*f. Reaktion der Variablen bei sinkenden Skalenerträgen im »Anderen-Sektor« und steigenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor*

Die letzten beiden Simulationsstaffeln wurden mit sinkenden Skalenerträgen in einem und steigenden Skalenerträgen im anderen Sektor durchgeführt. Zunächst werden steigende Skalenerträge im Nahrungsmittelsektor und fallende im »Anderen-Sektor«, wie in Tabelle 6 aufgeführt, betrachtet. Die sinkenden Skalenerträge werden mit 0.9 festgelegt, da ansonsten zumeist die theoretischen Voraussetzungen für das Entkommen aus der Bevölkerungsfalle nicht erfüllt ist.<sup>24</sup> In den ersten sechs Fällen wurde die Outputelastizität des Kapitals für den »Anderen-Sektor« geringer als die der Arbeit angenommen. Bei den Fällen 7-11 wurde das Verhältnis der Outputelastizitäten in diesem Sektor umgekehrt.

Der Escape findet in allen Fällen sehr früh statt. Es sind Analogien zu den anderen Simulationsstaffeln mit steigenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor erkennbar; offensichtlich führen diese zu einer schnelleren Überwindung der Gefahr von Subsistenzkrisen. Dies bedeutet wahrscheinlich auch, daß bei steigenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor die Ansprüche an die

<sup>24</sup> Werden für den Nahrungsmittelsektor Skalenerträge von 1.1 unterstellt und für den »Anderen-Sektor« von  $< 0.9$ , so wird das Modell instabil. Werden die Skalenerträge im Nahrungsmittelsektor gesteigert, ergibt sich folgendes Bild:

$\alpha_1 = 0.3;$	$\alpha_2 = 0.5;$	$\beta_1 = 0.5;$	$\beta_2 = 0.7 \rightarrow$	Modell stabil
$\alpha_1 = 0.2;$	$\alpha_2 = 0.5;$	$\beta_1 = 0.5;$	$\beta_2 = 0.7 \rightarrow$	"
$\alpha_1 = 0.5;$	$\alpha_2 = 0.3;$	$\beta_1 = 0.5;$	$\beta_2 = 0.7 \rightarrow$	"
$\alpha_1 = 0.5;$	$\alpha_2 = 0.2;$	$\beta_1 = 0.5;$	$\beta_2 = 0.7 \rightarrow$	Modell instabil
$\alpha_1 = 0.5;$	$\alpha_2 = 0.2;$	$\beta_1 = 0.5;$	$\beta_2 = 0.8 \rightarrow$	Modell stabil
$\alpha_1 = 0.3;$	$\alpha_2 = 0.5;$	$\beta_1 = 0.7;$	$\beta_2 = 0.5 \rightarrow$	Modell stabil
$\alpha_1 = 0.2;$	$\alpha_2 = 0.5;$	$\beta_1 = 0.7;$	$\beta_2 = 0.5 \rightarrow$	Modell instabil
$\alpha_1 = 0.5;$	$\alpha_2 = 0.3;$	$\beta_1 = 0.7;$	$\beta_2 = 0.5 \rightarrow$	"
$\alpha_1 = 0.5;$	$\alpha_2 = 0.2;$	$\beta_1 = 0.7;$	$\beta_2 = 0.5 \rightarrow$	"
$\alpha_1 = 0.2;$	$\alpha_2 = 0.5;$	$\beta_1 = 0.8;$	$\beta_2 = 0.5 \rightarrow$	Modell stabil
$\alpha_1 = 0.5;$	$\alpha_2 = 0.3;$	$\beta_1 = 0.8;$	$\beta_2 = 0.5 \rightarrow$	Modell instabil
$\alpha_1 = 0.5;$	$\alpha_2 = 0.2;$	$\beta_1 = 0.8;$	$\beta_2 = 0.5 \rightarrow$	"

Wird somit im Nahrungsmittelsektor die Outputelastizität der Arbeit größer angenommen als die des Kapitals, so ist die Kompensation sinkender Skalenerträge im »Anderen-Sektor« möglich. Wird hingegen unterstellt, das im Nahrungsmittelsektor die Outputelastizität des Kapitals über der der Arbeit liegt, so ist die Kompensation sinkender Skalenerträge im »Anderen-Sektor« nur möglich, wenn dort die Outputelastizität der Arbeit größer ist als die des Kapitals.

Tab.6: Escape bei steigenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor und fallenden Skalebeträgen im "Anderen-Sektor" (Mittelwerte/Zeit in Jahrzehnten)						
alpha1 = 0,4; alpha2 = 0,5						
	Fall 1)	Fall 2)	Fall 3)	Fall 4)	Fall 5)	Fall 6)
	$\beta_1 = 0,5;$ $\beta_2 = 0,6$	$\beta_1 = 0,5;$ $\beta_2 = 0,7$	$\beta_1 = 0,5;$ $\beta_2 = 0,8$	$\beta_1 = 0,6;$ $\beta_2 = 0,5$	$\beta_1 = 0,7;$ $\beta_2 = 0,5$	$\beta_1 = 0,8;$ $\beta_2 = 0,5$
Escapezeit	-646.21	-669.83	-657.28	-596.06	-620.37	-630.76
G (sec)	0.07	0.09	0.13	0.06	0.06	0.05
Pn/Pa	49.1	77.22	125.19	36.18	42.38	45.8
Qn/Qa	0.7	1.11	2.3	0.5	0.49	0.47
Qa/K	1.38	1.58	2.32	1.21	1.1	1.01
Qn/K	0.92	1.61	4.7	0.58	0.52	0.45
Pn/K	13.35	23.37	67.69	8.4	7.5	6.52
K/Pa	3.63	3.23	1.75	4.31	5.66	7.05
P/K	13.69	23.81	68.68	8.67	7.71	6.7
alpha1 = 0,5; alpha2 = 0,4						
	Fall 7)	Fall 8)	Fall 9)		Fall 10)	Fall 11)
	$\beta_1 = 0,5;$ $\beta_2 = 0,6$	$\beta_1 = 0,5;$ $\beta_2 = 0,7$	$\beta_1 = 0,5;$ $\beta_2 = 0,8$	$\beta_1 = 0,6;$ $\beta_2 = 0,5$	$\beta_1 = 0,7;$ $\beta_2 = 0,5$	$\beta_1 = 0,8;$ $\beta_2 = 0,5$
Escapezeit	-659.06	-672.37	-657.71		-648.19	-652.84
G (sec)	0.08	0.09	0.13	Modell	0.06	
Pn/Pa	60.88	93.08	153.75	instabil	55.93	60.76
Qn/Qa	0.65	1.03	2.27		0.43	0.4
Qa/K	1.44	1.65	2.3		1.17	1.09
Qn/K	0.9	1.58	4.7		0.48	0.42
Pn/K	13.07	22.99	67.75		7.03	6.08
K/Pa	4.58	3.93	2.14		7.92	9.97
P/K	13.36	23.39	68.73		7.2	6.21

für den Escape notwendige Größe des Kapitalstocks sinken. Eindeutige Abhängigkeiten von der Variation der Elastizitäten sind nur erkennbar, wenn für den Nahrungsmittelsektor angenommen wurde, daß die Outputelastizität des Kapitals  $\beta_1$  größer ist als die der Arbeit  $\beta_2$ . In diesen Fällen findet der Escape früher statt, je größer  $\beta_1$  gewählt wurde.

Die Relationen im Nahrungsmittelsektor entwickeln sich analog zueinander. Wurde  $\beta_1$  kleiner angenommen als  $\beta_2$ , steigen  $P_N / K$  und  $Q_N / K$  mit wachsender Outputelastizität der Arbeit im Nahrungsmittelsektor  $\beta_2$  (Fälle 1-3 und 7-9). Die Arbeitsintensität der Produktion steigt, bzw. es wird mehr Nahrung pro Einheit eingesetzten Kapitals erstellt. Wurde  $\beta_1$  größer angenommen als  $\beta_2$ , so sinken die Werte mit steigender Outputelastizität des Kapitals. Dies bedeutet sinkende Arbeitsintensität der Produktion.

Die gleichen Zusammenhänge sind für den »Anderen-Sektor« erkennbar. Mit steigender Outputelastizität der Arbeit im Nahrungsmittelsektor  $\beta_2$ , steigt auch die Arbeitsintensität der Produktion im »Anderen-Sektor« ( $K/P_A$  sinkt). Umgekehrt steigt die Kapitalintensität in diesem Sektor mit Steigerung von  $\beta_1$ . In allen Fälle produziert der »Andere-Sektor« kapitalintensiv. Die  $Q_A/K$ -Relationen nehmen in allen Fällen zum Escapezeitpunkt Werte oberhalb der theoretischen Gleichgewichte an.

Die Relationen von Kapital zu Gesamtbevölkerung werden durch die des Nahrungsmittelsektors bestimmt. Bei den meisten Elastizitätskombinationen wird der Großteil der des Output im »Anderen-Sektor« produziert. Dies ist der Fall bei Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor von 1.1 sowie in den Fällen, bei denen die Outputelastizität des Kapitals im Nahrungsmittelsektor größer angenommen wurden als die der Arbeit (Fälle 1, 4-7, 10 und 11). Also spiegelt sich die Entwicklung von Output zu Kapital im Nahrungsmittelsektor in der Verteilung des Outputs auf die Sektoren. Da der Faktor, von dem im »Anderen-Sektor« eine primäre Abhängigkeit der Produktion besteht, in diesem Sektor nur eine relativ geringe Outputelastizität besitzt, während der Faktor von dem die Produktion des Nahrungsmittelsektors primär abhängig ist mit einer konstanten Rate wächst, wirkt sich der relative Produktionsvorteil des Nahrungsmittelsektors mit der Zeit auch auf die Verteilung des Gesamtoutputs auf die Sektoren aus. Die Relation  $P_N / P_A$  steigt mit der Variation der jeweils gesteigerten Outputelastizität, und zwar extrem, wenn für den Nahrungsmittelsektor  $\beta_1 < \beta_2$  angenommen wurde.

*g. Reaktion der Variablen bei sinkenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor und steigenden Skalenerträgen im »Anderen-Sektor«*

Bei dieser Simulationsstaffel wurden sinkende Skalenerträge im Nahrungsmittelsektor und steigende Skalenerträge im »Anderen-Sektor«, wie in Tabelle 7 aufgezeigt, unterstellt. Die sinkenden Skalenerträge werden wiederum mit 0.9 festgelegt, da das Modell ansonsten abermals zur Instabilität neigt.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Werden nun für den »Anderen-Sektor« Skalenerträge von 1.1 unterstellt und für den Nahrungsmittelsektor von  $< 0.9$ , so reagiert auch hier das Modell instabil. Werden die Skalenerträge im »Anderen-Sektor« gesteigert, ergibt sich folgendes Bild:

	theoretische Voraussetzung
$\alpha_1 = 0.5; \alpha_2 = 0.7; \beta_1 = 0.3; \beta_2 = 0.5 \rightarrow$	nicht erfüllt
$\alpha_1 = 0.5; \alpha_2 = 0.7; \beta_1 = 0.2; \beta_2 = 0.5 \rightarrow$	"
$\alpha_1 = 0.5; \alpha_2 = 0.7; \beta_1 = 0.5; \beta_2 = 0.3 \rightarrow$	erfüllt*
$\alpha_1 = 0.5; \alpha_2 = 0.7; \beta_1 = 0.5; \beta_2 = 0.2 \rightarrow$	nicht erfüllt
$\alpha_1 = 0.5; \alpha_2 = 0.8; \beta_1 = 0.3; \beta_2 = 0.5 \rightarrow$	nicht erfüllt
$\alpha_1 = 0.5; \alpha_2 = 0.8; \beta_1 = 0.2; \beta_2 = 0.5 \rightarrow$	"
$\alpha_1 = 0.5; \alpha_2 = 0.8; \beta_1 = 0.5; \beta_2 = 0.3 \rightarrow$	erfüllt*
$\alpha_1 = 0.5; \alpha_2 = 0.8; \beta_1 = 0.5; \beta_2 = 0.2 \rightarrow$	"*
$\alpha_1 = 0.7; \alpha_2 = 0.5; \beta_1 = 0.3; \beta_2 = 0.5 \rightarrow$	" ~
$\alpha_1 = 0.7; \alpha_2 = 0.5; \beta_1 = 0.2; \beta_2 = 0.5 \rightarrow$	nicht erfüllt
$\alpha_1 = 0.7; \alpha_2 = 0.5; \beta_1 = 0.5; \beta_2 = 0.3 \rightarrow$	erfüllt+
$\alpha_1 = 0.7; \alpha_2 = 0.5; \beta_1 = 0.5; \beta_2 = 0.2 \rightarrow$	"*
$\alpha_1 = 0.8; \alpha_2 = 0.5; \beta_1 = 0.3; \beta_2 = 0.5 \rightarrow$	" + +
$\alpha_1 = 0.8; \alpha_2 = 0.5; \beta_1 = 0.2; \beta_2 = 0.5 \rightarrow$	"*
$\alpha_1 = 0.8; \alpha_2 = 0.5; \beta_1 = 0.5; \beta_2 = 0.2 \rightarrow$	" ~

Wird demzufolge im »Anderen-Sektor« die Outputelastizität der Arbeit größer angenommen als die des Kapitals, so ist die Kompensation sinkender Skalenerträge im



Tab.7: Escape bei fallenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor und steigenden Skalenerträgen im "Anderen-Sektor"						
(Mittelwerte/Zeit in Jahrzehnten)						
beta1 = 0,4; beta2 = 0,5						
		Fall 1)	Fall 2)	Fall 3)	Fall 4)	Fall 5)
	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,6$	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,7$	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,8$	$\alpha_1 = 0,6;$ $\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_1 = 0,7;$ $\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_1 = 0,8;$ $\alpha_2 = 0,5$
Escapezeit		541.11	438.31	-18.29	-311.23	-364.99
G (esc)	Modell	0.09	0.1	0.08	0.09	0.1
Pn/Pa	instabil	23.41	26.39	20.85	29.25	34.16
Qn/Qa		0.12	0.13	0.19	0.23	0.24
Qa/K		1.69	1.88	1.5	1.65	1.77
Qn/K		0.19	0.23	0.28	0.37	0.4
Pn/K		2.69	3.28	3.98	5.24	5.73
K/Pa		11.88	9.15	9.02	6.14	6.26
P/K		2.82	3.43	4.19	5.46	5.93
beta1 = 0,5; beta2 = 0,4						
		Fall 6)	Fall 7)	Fall 8)	Fall 9)	Fall 10)
	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,6$	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,7$	$\alpha_1 = 0,5;$ $\alpha_2 = 0,8$	$\alpha_1 = 0,6;$ $\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_1 = 0,7;$ $\alpha_2 = 0,5$	$\alpha_1 = 0,8;$ $\alpha_2 = 0,5$
Escapezeit		448.1	1084.16	1151	622.93	-67.59
G (esc)		0.07	0.09	0.1	0.08	0.09
Pn/Pa		14.33	23.13	27.52	21.01	29.66
Qn/Qa		0.15	0.09	0.1	0.11	0.16
Qa/K		1.35	1.58	1.78	1.42	1.56
Qn/K		0.2	0.14	0.16	0.15	0.24
Pn/K		2.78	2.01	2.31	2.1	3.49
K/Pa		6.23	12.82	12.82	15.53	9.11
P/K		2.98	2.11	2.41	2.21	3.63

Eine Besonderheit dieser Simulationsstaffel ist, daß bei einigen Elastizitätskonstellationen nicht bei jeder Simulation ein Escape innerhalb des zugelassenen Höchstzeitraums von 26000 Jahren stattfand. Werden die betroffene Simulationen für die Auswertung nicht berücksichtigt, so ergeben sich für die folgenden Fälle eine eingeschränkte Zahl von Beobachtungen:

- Fall 1) 4942 Beobachtungen (1,2%)
- Fall 3) 4557 Beobachtungen (8,9%)
- Fall 7) 3440 Beobachtungen (31,2%)
- Fall 8) 4555 Beobachtungen (8,9%)
- Fall 9) 3929 Beobachtungen (21,4%)

Nahrungsmittelsektor nur möglich, wenn dort die Outputelastizität des Kapitals größer als die der Arbeit ist. Wird hingegen unterstellt, das im »Anderen-Sektor« die Outputelastizität des Kapitals über der der Arbeit liegt, ist die Kompensation sinkender Skalenerträge im Nahrungsmittelsektor grundsätzlich möglich. Allerdings erreichen nur die Simulationen der Kombinationen, die mit einem ~ versehen wurden in jedem Lauf innerhalb des zugelassenen Höchstzeitraumes den theoretischen Referenzpunkt. Bei den Elastizitätskonstellationen die mit einem \* versehen wurden wird hingegen der Abbruch innerhalb dieses Zeitraumes nie erreicht. Dies deutet darauf hin, daß das Modell zumindest in diesen Fällen, trotz Erfüllung der theoretischen Voraussetzungen, zur Instabilität neigt. Bei der mit einem + bzw. ++ versehenen Konstellationen wird der Abbruch in 4,5% bzw. in 80% der Simulationsläufe erreicht.

Geht man davon aus, daß das spezifizierte Modell die realen historischen Zusammenhänge nicht hinreichend genau erfaßt, wenn der Escape auch siebzehn Jahrtausende nach der »historischen Industriellen Revolution« nicht erreicht wird, so muß die Annahme, daß die spezifizierten Systeme die Realität darstellen können zumindest für die Fälle 7 und 9 in Zweifel gezogen werden. (Die Prozentzahl in Klammern gibt an, in wieviel Prozent der je 5000 Simulation der Escape nicht eintrat.)

Es lassen sich zwei Gruppen innerhalb der Staffel unterscheiden. Liegt im »Anderen-Sektor« die Outputelastizität der Arbeit über der des Kapitals  $\alpha_1$  (Fälle 1, 2 und 6-8), so erfolgt der Escape so spät wie nie zuvor, und damit historisch »zu spät«. Wurde innerhalb dieser Gruppe die Outputelastizität des Kapital im Nahrungsmittelsektor  $\beta_1$  größer angenommen als die der Arbeit  $\beta_2$ , so findet der Escape mit steigendem  $\alpha_2$ , später statt. Ist  $\beta_1 < \beta_2$ , erfolgt der Escape mit steigender Outputelastizität der Arbeit  $\alpha_2$  früher. Wurde im »Anderen-Sektor« die Outputelastizität des Kapitals  $\alpha_1$  größer angenommen als die der Arbeit (Fälle 3-5 und 9-11), so findet der Escape mit Steigerung von  $\alpha_1$  früher statt. Der historischen Realität nahe kommen die Werte keiner Konstellation.<sup>26</sup>

Wie bei allen bisherigen Simulationsstaffeln wirtschaftet der Nahrungsmittelsektor arbeitsintensiv. Wiederum ist nur für die zweite Gruppe (Fälle 3-5 und 9-11) eine positive Abhängigkeit der Relationen von der Steigerung der Outputelastizitäten zu erkennen, ergo eine positive Abhängigkeit von der Steigerung von  $\alpha_1$ . Im Vergleich zu den zuvor untersuchten Simulationsstaffeln, fallen die  $P_N / K$ -Relationen relativ gering aus. Schon zu diesem Zeitpunkt steht dem Nahrungsmittelsektor also relativ viel Kapital zur Verfügung, daß er auf Grund der sinkenden Skalenerträge zur dauerhaften Überwindung des Subsistenzminimums auch benötigt. Die  $Q_N / K$ -Relationen sind kleiner als 0.5, und somit die kleinsten Werte, die für diese Relation jemals erreicht wurden.

Die Vermutung, daß schon zum Escape, verglichen mit den bisherigen Ergebnissen, relativ viel Kapital akkumuliert wurde, wird durch die Höhe der Werte der  $K/P_A$ -Relation erhärtet. Wiederum ist nur für die Fälle 3-5 und 9-11 eine, für diese Relation natürlich negative, Abhängigkeit, von der Variation der Outputelastizität des Kapitals  $\alpha_1$  feststellbar. Die  $Q_A / K$ -Relationen, wie auch die Wachstumsrate des Kapitalstocks, liegen zum Escapezeitpunkt nur in den Fällen 5 und 11, also bei einer Outputelastizität des Kapitals im »Anderen-Sektor« von 0.8, unter ihren theoretischen Gleichgewichten.

Auch bei der letzten untersuchten Simulationsstaffel ist der Großteil der Bevölkerung im Nahrungsmittelsektor beschäftigt. Allerdings ist dieser Anteil im Verhältnis zu den bisher untersuchten Staffeln eher gering. Im Fall 6 kommen lediglich ca. 14 Arbeiter im Nahrungsmittelsektor auf einen Arbeiter im »Anderen-Sektor«. Die sinkenden Skalenerträge im Nahrungsmittelsektor

<sup>26</sup> Allerdings erreichen die Streuungsparameter immense Werte, wodurch einige zufällige »Treffer« durchaus wahrscheinlich sind.

führen in bisher nicht beobachtetem Ausmaß zu der Notwendigkeit für die Bevölkerung alternativen Erwerbsmöglichkeiten nachzugehen. Es ist jedoch eine positive Abhängigkeit des Verhältnisses  $P_N / P_A$  von der Steigerung der jeweils variierten Outputelastizität erkennbar. Mit steigender Kapitalintensität der Produktionen steigt der Anteil der im Nahrungsmittelsektor beschäftigten Arbeiter. Die relative Mehrproduktion an Kapital bei höheren Skalenerträgen im »Anderen-Sektor« ermöglicht auch einem größeren Teil der Bevölkerung die Arbeit im Nahrungsmittelsektor, trotz sinkendem Faktoreinsatzverhältnis  $P_N / K$ . Die gesamtwirtschaftlichen Faktorrelationen lehnen sich erneut eng an die des Nahrungsmittelsektors an. Auch für diese Relation ergeben sich bei steigenden Skalenerträgen im »Anderen-Sektor« und sinkenden Skalenerträgen im Nahrungsmittelsektor die geringsten Werte von allen durchgeführten Simulationsstaffeln. Auch ist eine positive Abhängigkeit von der Variation der Outputelastizität des Kapitals im »Anderen-Sektor« zu erkennen. Der Produktionsschwerpunkt der Gesamtwirtschaft liegt im »Anderen-Sektor«. Die Verhältnisswerte liegen eher geringfügig unter den bisher festgestellten Werten, ohne daß sich für diese Simulationsstaffel bestimmte Niveaustufen ausmachen ließen.

#### 4. Konsequenzen für die weitergehende Analyse

Zusammenfassend lassen sich folgende Ergebnisse der Simulationsläufe aufzeigen: Ist die Überwindung des Regimes theoretisch möglich, dann konzentrieren sich die untersuchten Variablenverhältnisse, die Wachstumsrate des Kapitalstocks und der Escapepunkt im Mittel weitgehend in engen Wertebereichen. Der Escape erfolgt i.d.R. später, wenn steigende Skalenerträge im »Anderen-Sektor« unterstellt werden. Eine relativ hohe Outputelastizität der Arbeit im Nahrungsmittelsektor, wie überhaupt steigende Skalenerträge in diesem Sektor, führen zu einem früheren Eintritt des untersuchten Zeitpunktes. Die Volkswirtschaft kann die Outputintensität des Nahrungsmittelsektor schneller steigern. Liegen im »Anderen-Sektor« sinkende Skalenerträge bei gleichzeitig höherer Outputelastizität des Kapitals vor, findet der Escape auf Grund der steigenden Skalenerträge im Nahrungsmittelsektor sehr früh statt, wobei sich die Rate des Kapitalstockwachstums weit über der gleichgewichtigen Wachstumsrate befindet. Zudem zeichnet sich eine Abhängigkeit des Escapezeitpunktes von der Bevölkerungsverteilung ab. Beansprucht der »Andere-Sektor« zur effizienten Produktion einen relativ großen Anteil der Arbeiterschaft, so wird der Escape verzögert, da die Bevölkerung ausschließlich zu Krisenzeiten nach alternativen Erwerbsmöglichkeiten im »Anderen-Sektor« sucht. Anders ausgedrückt: Erfordert die effiziente Nutzung der gewählten Outputelastizitäten eine relativ gleichmäßige Verteilung der Arbeitsbevölkerung auf die Sektoren, so ist das Entkommen aus der Bevölkerungsfalle erst zu einem relativ späteren Zeitpunkt möglich.

Für den Nahrungsmittelsektor ist eine primäre Abhängigkeit von der Outputelastizität der Arbeit feststellbar. Allerdings erhöht sich bei steigenden Skalenerträgen im »Anderen-Sektor« der Einfluß des Kapitals. Beim Escape produziert der Sektor (i.d.R.) arbeitsintensiv und mit hohen Faktorinputs. Dieser Punkt wird durch den geringen Effizienzparameter des Sektors bedingt. Nur bei relativ hohen Outputelastizitäten der Arbeit liegt in dieser Periode der Nahrungsmitteloutput über dem Kapitalinput. Dies stützt die vielfach vertretene These, daß die extrem hohe Kapitalintensität, die die Produktion in Europa verglichen mit anderen Regionen der Welt aufwies, die Industrielle Revolution ermöglicht hat.<sup>27</sup> Der Kapitalinput ist in diesem Sektor i.d.R. etwa doppelt so hoch wie der Output, wobei aber natürlich die qualitative Höherwertigkeit des Outputs nicht erfaßt wurde. Je später der Escape stattfindet (also bei höheren Skalenerträgen im »Anderen-Sektor«), desto extremer wird diese Situation, so daß die Annahme, daß im kapitalerzeugenden Sektor permanent steigende Skalenerträge vorgelegen haben eher unrealistisch erscheint.

Der »Andere-Sektor« weist eine primäre Abhängigkeit von der Outputelastizität des Kapitals auf. Die Elastizitäten bzw. die gleichgewichtige Wachstumsrate des Kapitalstocks beeinflussen das Verhältnis von Output zu Kapital. Der Sektor produziert i.d.R. kapitalintensiv; nur bei sinkenden Skalenerträgen im »Anderen-Sektor« wird hier arbeitsintensiv produziert. Besitzen beide Produktionsfaktoren dieselbe gleichgewichtige Wachstumsrate, so existiert auch für die Faktorrelation ein Gleichgewicht. Zum Escapezeitpunkt sind relativ konstante und geringe Faktorrelationen feststellbar. Die Wachstumsrate des Kapitalstocks liegt in fast allen Fällen im Mittel oberhalb ihres späteren Gleichgewichtes.

Der Großteil der Gesamtbevölkerung bleibt immer im Nahrungsmittelsektor beschäftigt. Die Bevölkerungsverteilung ist am gleichmäßigsten, wenn sinkende Skalenerträge im Nahrungsmittelsektor und steigende Skalenerträge im »Anderen-Sektor« vorliegen, extrem ungleich bei der umgekehrten Konstellation. Da von einer geschlossenen Volkswirtschaft (bzw. von einer großen gemeinsamen Wirtschaft) ausgegangen wird, bleibt die Agrarproduktion prägend für die Gesellschaft, selbst wenn der Anteil des »Anderen-Outputs« überwiegt und/oder die Volkswirtschaft kapitalintensiv produziert.

Im Vergleich zur historischen Realität findet der Escape bei fast allen untersuchten Konstellationen »zu früh« statt. Dies kann darauf hindeuten, daß das Basismodell eine Vereinfachung der Realität darstellt oder aber auch, daß die Effizienzparameter zu optimistisch gewählt wurden.

<sup>27</sup> vgl. z.B.: Jones, Eric L.: *The European Miracle: Environments, economics, and geo-politics in the History of Europe and Asia*, 2.Aufl., Cambridge 1987.

## 5. Sensitivität bei Variation der Effizienzparameter und erste Variationen

Wird unter der Annahme konstanter Skalenerträge der Effizienzparameter im »Anderen-Sektor« verringert, so findet der Escape später statt. Ursprünglich wurde ein Effizienzparameter von  $> 2$  unterstellt; bei Konstanz aller anderen Annahmen, liefert jedoch ein Parameter von ca. 1,9 Ergebnisse, die der historischen Industriellen Revolution nahe kommen. Je geringer diese Konstante angenommen wird, desto größer ist der Anteil der Arbeitsbevölkerung, der im betroffenen Sektor Beschäftigung findet. Insgesamt verringert sich die Bandbreite in der die Variablenverhältnisse auftreten können erheblich und die Kapitalintensität der Produktion wird gemindert. Noch sensibler reagiert das Modell auf Variationen des Effizienzparameters im Nahrungsmittelsektor. Schon minimale Steigerungen des Parameters beschleunigen den Ausbruch aus der Bevölkerungsfalle und wirken einer Effizienzverringerung im »Anderen-Sektor« entgegen. Die Zahl der theoretisch möglichen Parameterkombination zur Erreichung eines realitätsnahen Escapezeitpunktes gehen somit bei allen theoretisch möglichen Elastizitätskombinationen gegen unendlich. Die relevanten Determinanten der Industriellen Revolution sind in anderen Bereichen der Modellspezifikation zu suchen; bspw. im Sparmechanismus, im Kapitalbildungsprozess und dem Kapitalbegriff selbst, oder in der differenzierten Darstellung der Bevölkerungswachstums (Fertilität, Mortalität), der Erwerbsquote und des Migrations Verhaltens.

Erste Versuche haben gezeigt, daß einen dieser relevanten Bereiche der Bevölkerungsprozeß darstellt. Wird die Wachstumsrate der Bevölkerung in Krisenzeiten in Abhängigkeit von der Geburten- und der Sterberate modelliert (bei konstanten Annahmen über die gleichgewichtige Wachstumsrate) und unterstellt, daß Kinder erst nach Vollendung des zehnten Lebensjahres einer Beschäftigung nachgehen, so verzögert sich der Escapezeitpunkt erheblich. Wird zudem die Sparquote der Bevölkerung in Abhängigkeit vom Pro-Kopf-Output modelliert, weisen die Wachstumsraten der Produktionsfaktoren zunehmend gegenläufige, ja zum Teil chaotisch anmutende Entwicklungen auf. Ein Punkt, der eingehenderer Untersuchung bedarf.

Abb. A.1: P-K-Nahrungsproduktion (Simulationsmodell)

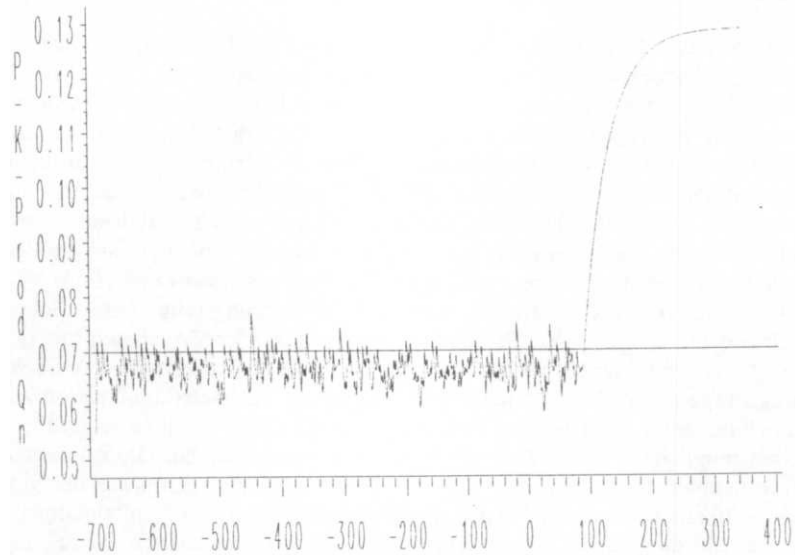


Abb. A.2: Gesamtbevölkerung (Simulationsmodell)

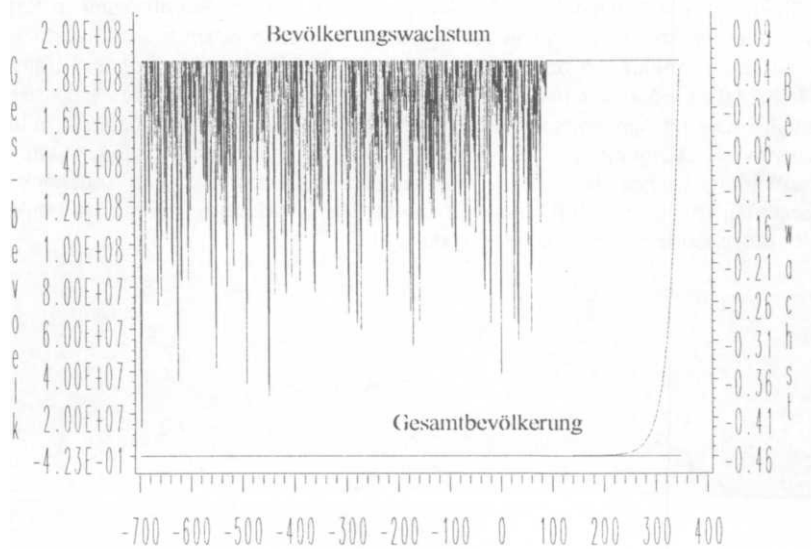


Abb. A.3: Arbeiter in den Sektoren (Simulationsmodell)

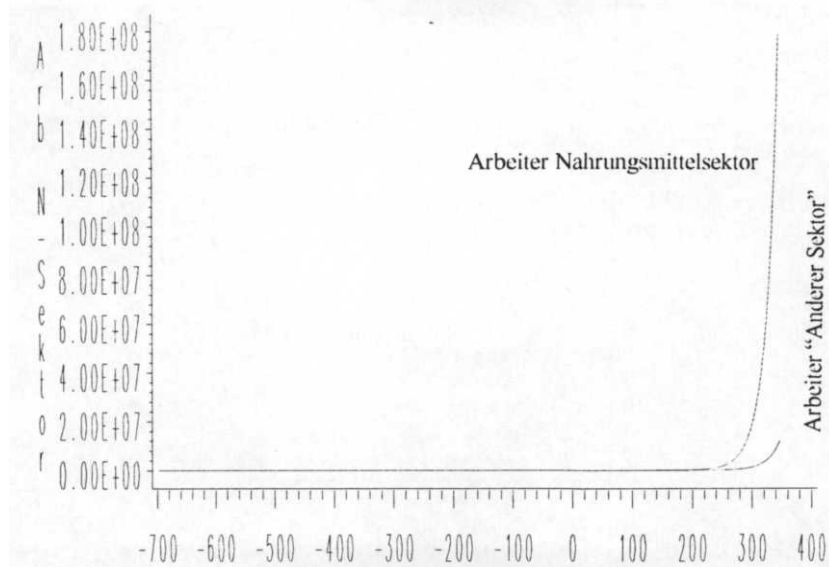


Abb. A.3a: Arbeiter in den Sektoren (Simulationsmodell)

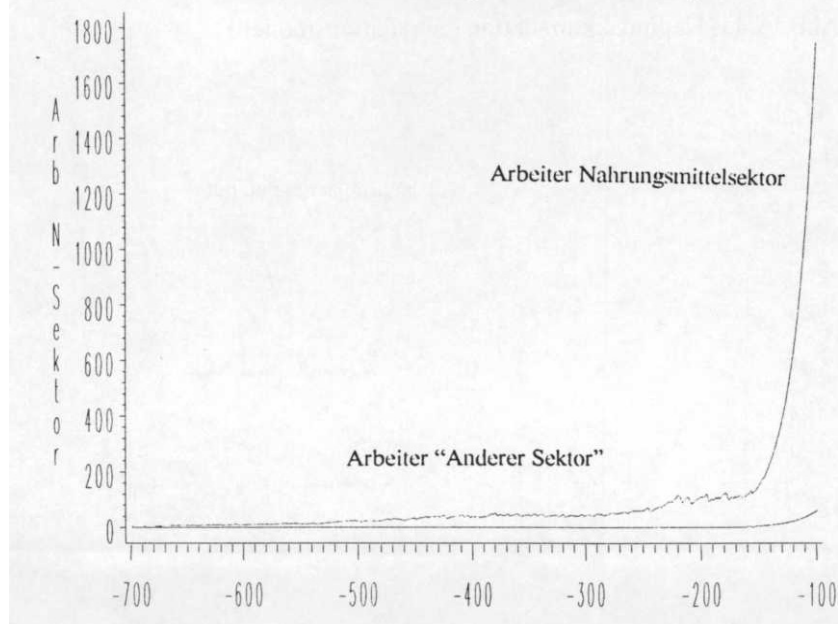


Abb. A.4: Kapitalakkumulation (Simulationsmodell)

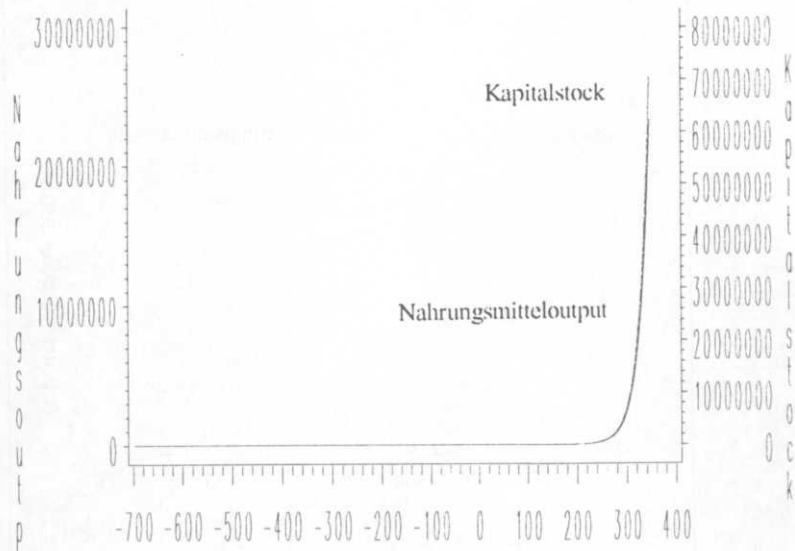


Abb. A.4a: Kapitalakkumulation (Simulationsmodell)

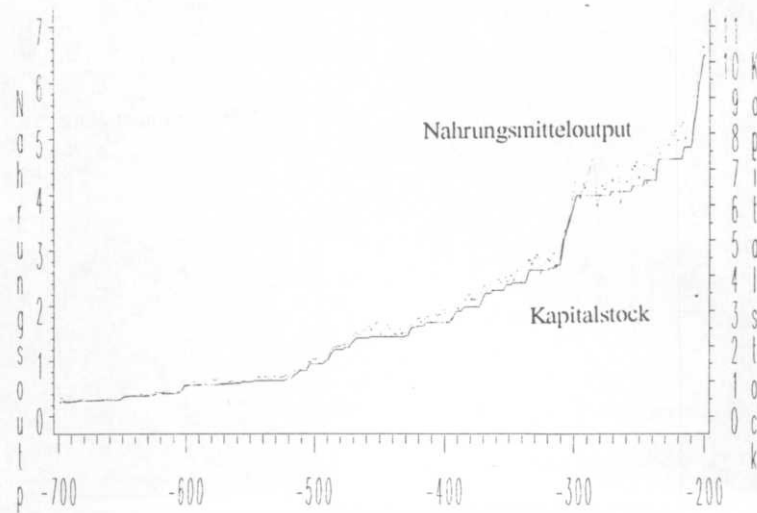




Abb. A.5: Output der Sektoren (Simulationsmodell)

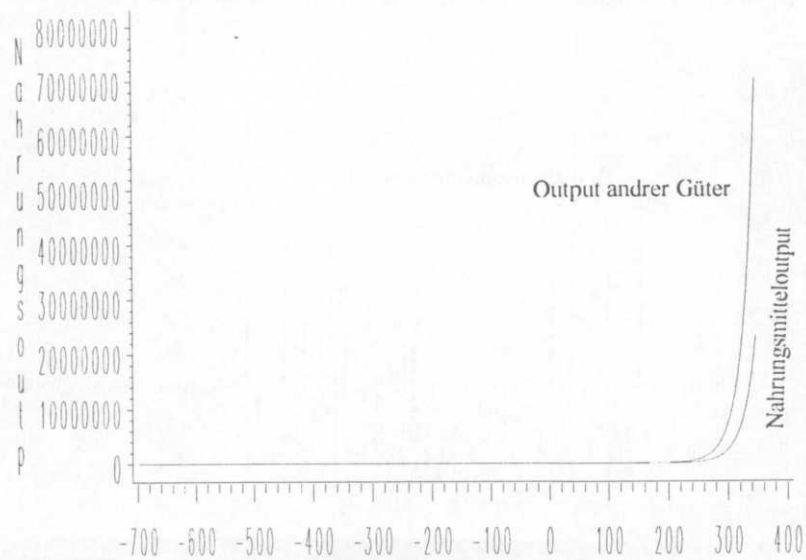


Abb. A.5a: Output der Sektoren (Simulationsmodell)

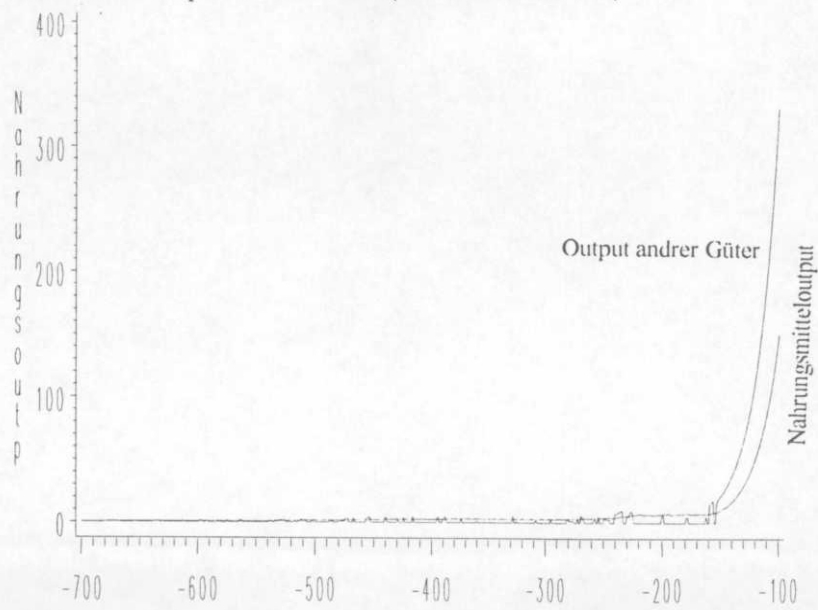


Abb. A.6: Wachstum des Kapitalstocks (Simulationsmodell)

